



UNIVERSIDAD
DE SALAMANCA



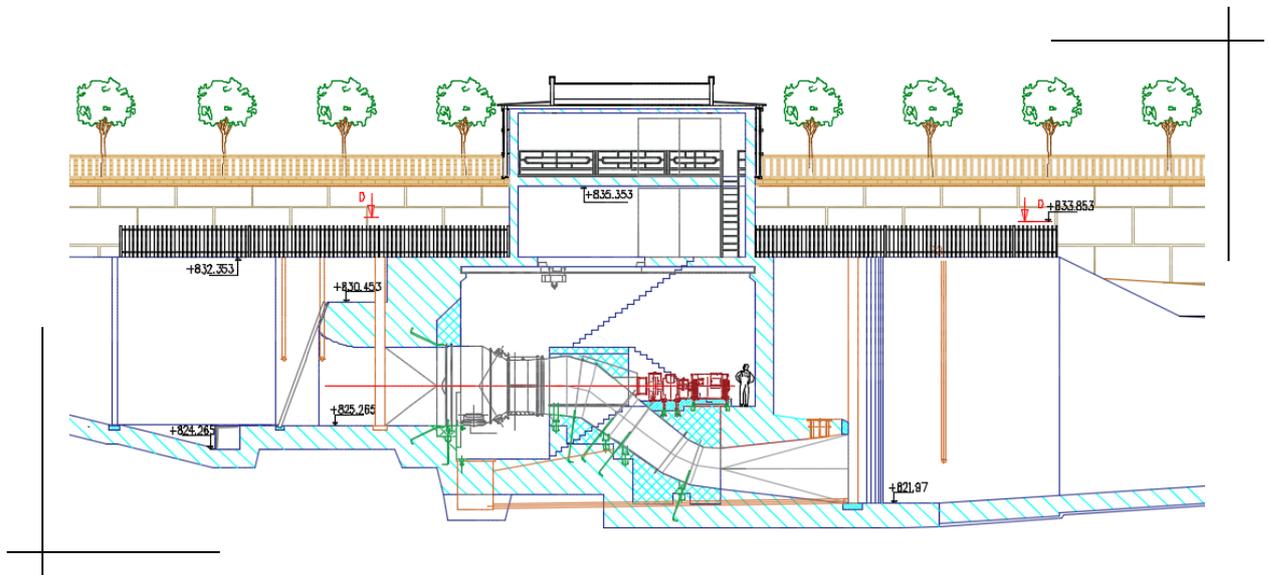
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ÁVILA

- GRADO INGENIERÍA CIVIL -

DISEÑO DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS.

MODELO DE APROVECHAMIENTO EN EL RÍO BERNESGA (LEÓN).



Autor: REBECA DÍAZ MUÑOZ

Tutor: Dr. Pedro Huerta Hurtado



DOCUMENTO 1: MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. LEGISLACIÓN.....	8
3. ANTECEDENTES.....	13
4. ENERGÍA MINIHRAULICA.....	14
4.1. Introducción.....	14
4.2. Evolución.....	15
4.3. Situación Actual en España y previsión futura.....	16
5. MINICENTRALES.....	18
5.1. Introducción.....	18
5.2. Aspectos económicos.....	18
5.3. Tipos de Minicentrales.....	20
5.3.1. Centrales de caudal fluyente.	20
5.3.2. Centrales de pie de presa.....	22
5.3.3. Centrales ubicadas en redes de agua.....	25
5.3.3.1. Centrales ubicadas en canales de riego o abastecimiento.....	25
5.3.3.2. Centrales ubicadas en plantas de tratamiento de aguas residuales.....	26
5.3.3.3 Centrales ubicadas en sistemas de alimentación de agua potable.....	27
5.4. Aplicación.....	28
5.5. Ventajas e Inconvenientes de las Pequeñas Centrales.....	29
6. DISEÑO DE MINICENTRALES.....	32
6.1. Introducción.....	32
6.2. Aspectos Generales.....	32
6.3. Análisis de Pre-Factibilidad.	34
6.3.1. Inventario.	34
6.3.2. Reconocimiento.	34
6.3.3. Pre-factibilidad.	35
6.4. Estudios Previos.....	36
6.4.1. Estudio Cartográfico.....	36



ÍNDICE GENERAL

6.4.2. Estudio Geotécnico.	38
6.4.3. Estudio Hidrológico.	39
6.4.3.1. Caudal ecológico o caudal reservado.....	41
6.4.3.2. Curva de caudales clasificados (CCC):	42
6.4.4. Estudio Topográfico.....	44
6.5. Elementos de una mini-central hidroeléctrica.....	51
6.5.1. Obra civil.....	51
6.5.1.1. Azudes y presas.....	52
6.5.1.2. Aliviaderos, Compuertas y Desagües.....	55
6.5.1.3. Obras de Captación.....	59
6.5.1.4. Obras de Conducción.....	61
6.5.1.5. Cámara de carga y/o Desarenador.....	65
6.5.1.6. Edificio.....	66
6.5.1.7. Elementos de cierre y regulación.....	66
6.5.2 Equipamiento electromecánico.	67
6.5.2.1 Órgano de cierre de la turbina.	67
6.5.2.2 Turbinas.....	67
6.5.2.3 Multiplicador.....	83
6.5.2.4. Generadores.....	83
6.5.2.5 Elementos de regulación y protección.....	87
6.5.2.6. Equipo eléctrico general.....	89
6.5.2.7. Automatización.....	90
6.5.2.8. Subestación al aire libre.....	92
6.5.2.9. Componentes auxiliares.....	93
6.6. Cálculos Hidráulicos.....	94
6.6.1. Aliviaderos y Compuertas.....	94
6.6.2. Rejillas.....	97
6.6.3. Conducciones en Régimen Libre.....	100
6.6.3.1. Fundamentos Hidráulicos.	100
6.6.3.2. Análisis Energético.....	104



ÍNDICE GENERAL

6.6.3.3. Pérdidas de carga debido a la Fricción.....	107
6.6.3.4. Pérdidas de carga Localizadas.....	108
6.6.3.5. Dimensionado del Canal.....	108
6.6.4. Cámara de carga.....	114
6.6.5. Conducciones bajo Presión.....	117
6.6.5.1. Fundamentos Hidráulicos.	117
6.6.5.2. Análisis Energético.....	119
6.6.5.3. Pérdidas de Carga por Fricción.....	120
6.6.5.4. Pérdidas de Carga por Turbulencia (localizadas).....	129
6.6.5.5. Régimen Transitorio. Golpe de Ariete.....	135
6.6.5.6. Dimensionado de la Tubería.....	142
6.7. Determinación del equipo Electromecánico.....	151
6.7.1. Turbina.....	151
6.7.1.1. Consideraciones para la elección de la turbina.....	151
6.7.1.2. Diseño inicial.....	161
6.7.1.3. Rendimiento de las turbinas. Necesidad del Difusor.....	164
6.7.1.4. Curvas características de las turbinas.....	167
6.7.2. Multiplicador.....	169
6.7.3. Elección del Generador.....	170
6.8. Calculo de potencia.....	174
6.9. Viabilidad Económica.....	175
6.9.1. Índices de rentabilidad.....	176
6.9.1.1. Periodo simple de retorno.....	176
6.9.1.2. Índice de Energía.	177
6.9.1.3. Índice de Potencia.....	177
6.9.2. Rentabilidad de la inversión.....	177
6.9.2.1. Valor Actual Neto (VAN).....	177
6.9.2.2. Tasa interna de retorno (TIR).....	178
7. MODELO DE APROVECHAMIENTO EN EL RIO BERNESGA.....	179
7.1. Introducción.....	179



ÍNDICE GENERAL

7.2. Objetivo y alcance.....	179
7.3. Situación y emplazamiento.....	180
7.4. Programa de necesidades.....	181
7.5. Descripción general de las obras.....	182
7.6. Descripción Instalaciones.....	183
7.6.1. Canales de Derivación.....	183
7.6.2. Reja de finos y Limpiarejas.....	185
7.6.3. Edificio.....	187
7.7. Descripción Equipos Electromecánicos.....	190
7.7.1. Turbina.....	190
7.7.2. Multiplicador.....	192
7.7.3. Generador.....	193
7.7.3.1. Generalidades.....	194
7.7.3.2. Estator.....	194
7.7.3.3. Rotor.....	195
7.7.3.4. Equipo de vigilancia, alarmas y protecciones del generador.....	195
7.7.4. Transformador principal.....	196
7.7.5. Cuadro de control y protecciones.....	196
7.7.6. Excitación y Regulación de tensión.....	197
7.7.7. Mando, Medida y Señalización.....	198
7.7.8. Mando Automático.....	199
7.7.9. Diseño y Construcción de las celdas.....	199
7.7.10. Cargador de Batería.....	200
7.8. Características generales del aprovechamiento.....	200
7.9. Resumen del Presupuesto.....	201
8. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	202
8.1. Conclusiones.....	203
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	204
ANEXOS A LA MEMORIA.....	213



ÍNDICE GENERAL

ANEXO 1: ESTUDIO HIDROLÓGICO	215
1- INTRODUCCIÓN.....	217
2- OBJETIVO.....	217
3- DISEÑO DE UN APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO.....	218
3.1. Determinación del Caudal Turbinado.....	218
3.1.1. Hidrometría.....	218
3.1.2. Determinación del año representativo.....	221
3.1.3. Caudales clasificados.....	222
3.1.4. Caudal de Equipamiento.....	223
3.1.5. Caudal mínimo Técnico.....	226
3.2- Cálculo del salto Bruto y Neto.....	227
3.2.1. Emplazamiento de la Central.....	228
3.2.2. Medida del salto bruto.....	230
3.2.3. Estimación del salto neto.....	231
ANEXO 2: ELECCIÓN DE TURBINA, POTENCIA Y PRODUCCIÓN	232
1- INTRODUCCIÓN.....	234
2- OBJETIVO.....	234
3- ELECCIÓN DE LA TURBINA.....	234
3.1. Características Turbina Elegida.....	236
4- POTENCIA A INSTALAR.....	237
5. PRODUCCIÓN DE LA CENTRAL.....	240
ANEXO 3: VIABILIDAD ECONÓMICA	241
1- INTRODUCCIÓN.....	243
2- OBJETIVO.....	243
3- RÉGIMEN ECONÓMICO DE LA ENERGÍA MINIHIDRÁULICA.....	244
4. ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD.....	245
4.1. Periodo simple de retorno.....	246
4.2. Índice de Energía.....	247



ÍNDICE GENERAL

4.3. Índice de Potencia.....	247
4.4. Valor Actual Neto (VAN)	247
4.5. Tasa interna de rentabilidad (TIR)	251
5. CONCLUSIONES.....	252
ANEXO 4: MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN FUNCIONAMIENTO.....	253
1- INTRODUCCIÓN.....	255
2- OBJETIVO.....	255
3. ANTECEDENTES.....	255
4. EJEMPLOS DE MINICENTRALES.....	256
4.1. Portodemouros.....	256
4.2. Murias.....	257
4.3. Huesna.....	258
4.4. Los Hurones.....	260
4.5. Virgen de las Viñas.....	261
4.6. Purón.....	262
4.7. Selga de Ordás.....	263
4.8. Sologoen.....	264
4.9. Lanzahita.....	265
4.10. Tambre III.....	267
4.11. Jerte.....	268
4.12. El Barco.....	269
4.13. Antella-Escalona.....	270
4.14. La Mella.....	271
4.15. Molino de Suso.....	272
4.16. Berberín.....	273
4.17. Barrera - Berri.....	274
4.18. Caldones.....	275



DOCUMENTO 2: PLANOS

Plano nº 1: PLANO DE SITUACIÓN

Plano nº 2: MINICENTRAL. VISTA GENERAL

Plano nº 3: PERFILES TRANSVERSALES

Plano nº 4: CANALES

Plano nº 5: CANAL DE ENTRADA

Plano nº 6: CANAL DE SALIDA

Plano nº 7: CANAL DE SALIDA. DETALLES

Plano nº 8: CÁMARA DE TURBINA. VISTA GENERAL

Plano nº 9: CÁMARA DE TURBINA. CIMENTACIÓN I

Plano nº 10: CÁMARA DE TURBINA. CIMENTACIÓN II

Plano nº 11: CÁMARA DE TURBINA. DETALLES



DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES Y ECONÓMICAS.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. CAMPO DE APLICACIÓN.....	6
3. DISPOSICIONES GENERALES.....	6
3.1. Condiciones facultativas legales.....	7
3.2 Seguridad pública.....	8
4. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.....	9
4.1. Datos de la Obra.....	9
4.2. Replanteo de la Obra.....	9
4.3. Mejoras y variaciones del proyecto.....	10
4.4. Recepción del material.....	10
4.5. Organización.....	10
4.6. Facilidades para la inspección.....	11
4.7. Ensayos.....	11
4.8. Limpieza y seguridad en las obras.....	11
4.9. Medios auxiliares.....	11
4.10 Ejecución de las obras.....	12
4.11. Subcontratación de las obras.....	12
4.12. Plazo de ejecución.....	13
4.13. Recepción provisional.....	13
4.14. Periodos de garantía.....	14
4.15. Recepción definitiva.....	14
4.16. Pago de obras.....	14
4.17. Abono de materiales acopiados.....	15
5. GARANTÍA Y CONTROL DE CALIDAD DE LAS OBRAS.....	15
5.1. Definición.....	15
5.2. Control de calidad.....	16
5.3. Sistemas de garantía de calidad.....	17



ÍNDICE GENERAL

5.4. Manual de garantía de calidad.....	17
5.5. Programa de garantía del contratista.....	18
5.5.1. Organización.....	18
5.5.2. Procedimientos, Instrucciones y Planos.....	18
5.5.3. Control de materiales y servicios comprados.....	18
5.5.4. Manejo, almacenamiento y transporte.....	19
5.5.5. Procesos especiales.....	19
5.5.6. Inspección de obra por parte del contratista.....	20
5.5.7. Gestión de la documentación.....	20
5.6. Planes de control de calidad y programas de puntos de inspección.....	20
5.7. Abono de los costes del sistema de garantía de calidad.....	22
5.8. Nivel de control de calidad.	22
5.9. Inspección y control de calidad por parte de la dirección de obra.....	23
6. DISPOSICIONES GENERALES.....	24
6.1. Correspondencia y relación oficial entre la administración y el contratista.....	24
6.2. Cambio de contratista.....	24
6.3. Obligaciones del contratista.....	24
6.4. Clasificación del contratista.....	25
7. DISPOSICIÓN FINAL.....	25
PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES.....	26
1. OBJETO.....	29
2. OBRA CIVIL.....	29
2.1. Emplazamiento.....	29
2.2. Edificio.....	29
2.3. Evacuación y Extinción del aceite aislante.....	30
2.4. Ventilación.....	30
3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	31
3.1. Aparamenta m.t.	31
3.2. Transformadores.....	33



ÍNDICE GENERAL

3.3. Alumbrado.....	33
3.4. Puestas a tierra.....	33
4. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	34
5. PRUEBAS REGLAMENTARIAS.....	35
6. MATERIALES.....	36
6.1. Condiciones generales.....	36
6.2 Componentes del hormigón.....	36
6.2.1. Áridos para hormigones.....	36
6.2.2. Agua.....	37
6.2.3. Cemento.....	37
6.3 Hormigones.....	37
6.4 Acero para armaduras.....	39
6.5 Encofrados.....	39
6.6. Acero laminado de uso general.....	40
6.7. Tuberías de chapa de acero.....	40
6.8 Otras tuberías.....	40
6.9 Compuertas. Válvulas y piezas especiales.....	41
6.10 Otros materiales no especificados en el presente Pliego.....	41
6.11 Pruebas y ensayos.....	42
7. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	42
7.1. Excavaciones.....	42
7.2 Hormigones.....	43
7.3 Cargas fratasadas.....	45
7.4 Azudes de derivación.....	45
7.5 Canales y túneles.....	46
7.6 Tuberías.....	46
7.6.1. Tuberías de chapa de acero.....	46
7.6.2. Tuberías de fibra de vidrio u otras.....	47
7.7 Edificio de la central.....	47
8. INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS.....	48



ÍNDICE GENERAL

8.1 Equipos de Media Tensión.....	48
8.2 Equipos de Baja Tensión.....	49
8.3 Red de tierras.....	50
8.4 Pruebas y Ensayo.....	50
9. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS.....	50
9.1 Otras obligaciones del Contratista.....	51
9.2. Medición y Abono.....	51
9.3. Recepción.....	52
10. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD.....	53
10.1. Prevenciones generales.....	53
10.2. Puesta en servicio.....	54
10.3. Separación de servicio.....	54
11. MANTENIMIENTO.....	55
12. LIBRO DE ÓRDENES.....	55
PLIEGO DE CONDICIONES ESPECÍFICAS.....	56
1. REJA DE FINOS Y LIMPIARREJAS.....	59
2. TURBINA.....	59
2.1. Normas y reglamentos técnicos.....	59
2.2. Descripción de la turbina.....	60
2.3. Alcance.....	61
2.4. Descripción técnica.....	63
2.4.1. Compuerta de protección de la turbina.....	63
2.4.2. Turbina.....	63
2.4.3. Grupo oleohidráulico.....	64
2.4.4. Limpieza, preparación de superficies y pintura.....	65
2.5. Garantías, penalizaciones, inspección y pruebas.....	66
2.6. Penalizaciones.....	67
2.7. Inspección y pruebas.....	68
2.8. Pruebas y ensayos en taller y en obra.....	68



ÍNDICE GENERAL

3. MULTIPLICADOR.....	71
4. GENERADOR.....	71
4.1. Normas y reglamentos técnicos.....	71
4.2. Características del generador.....	72
4.3. Ingeniería.....	72
4.5. Inspección y pruebas.....	73
5. PUENTE GRÚA.....	76
6. TRANSFORMADOR.....	76
6.1. Códigos y Normas.....	76
6.2. Condiciones de servicio.....	76
6.3. Características constructivas.....	77
6.4. Características particulares.....	77
6.5. Ensayos y pruebas.....	78
6.6. Documentación requerida.....	79
7. CELDAS DE 13,2 / 20 KV. SERIE 24/50/125 KV.....	80
7.1. Celda núm. 1 (SIM-16).....	80
7.2. Celda núm. 2 (SGBCB).....	80
7.3. Celda núm. 3 (SDM-1C).....	81
7.4. Celda núm. 4 (SGBCD).....	81
7.5. Celda núm. 5 con cierre de malla metálica.....	81
8. ELEMENTOS DE SEGURIDAD.....	82
9. ARMARIO DE SINCRONISMO, PROTECCIÓN, AUTOMATISMO, REGULACIÓN, ACOPLAMIENTO Y SERVICIOS AUXILIARES.....	82
9.1. Celda núm. 1 (Sincronismo y protección).....	83
9.2. Celda núm. 2 (Automatismo, regulación).....	85
9.3. Celda núm. 3 (Potencia generador – Acoplamiento).....	85
9.4. Celda núm. 4 (Servicios auxiliares).....	86
10. ELEMENTOS DE CAMPO.....	86
11. CARGADOR DE BATERÍAS.....	87
11.1 Principales características.....	87



ÍNDICE GENERAL

12. MEDIDA DE LA COMPAÑÍA.....	88
13. PROTECCIONES DE RED.....	88
14. ALUMBRADO NORMAL Y DE EMERGENCIA.....	90
15. TELEMANDO Y TELEGESTIÓN.....	91
15.1 Puesto central.....	91
15.2. Puesto remoto.....	92
16. INGENIERÍA Y ENSAYOS.....	93
16.1. Alcance suministro de ingeniería.....	93
16.2. Ensayos.....	93
17. MONTAJE E INSTALACIÓN.....	94
18. PUESTA EN SERVICIO.....	94



DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO

ESTADO DE MEDICIONES.....	3
CUADRO DE PRECIOS Nº 1.....	68
CUADRO DE PRECIOS Nº 2.....	83
PRESUPUESTO GENERAL.....	127
1. OBRA CIVIL DE LA MINICENTRAL.....	128
2. EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS.....	137
3. SEGURIDAD Y SALUD.....	142
4. PRESUPUESTO GLOBAL. RESUMEN.....	151



DOCUMENTO 5: ESTUDIOS DE ENTIDAD PROPIA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	3
1- INTRODUCCIÓN.....	5
2- OBJETIVO Y ALCANCE.....	5
3. ANTECEDENTES.....	5
4. POSIBLES IMPACTOS DE LAS MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS.....	7
5. IMPACTOS DE LA MINICENTRAL PROYECTADA.....	9
5.1. Impactos durante la construcción de la central.....	9
5.2.1. Construcción de un embalse.....	10
5.2.2. Obra civil adicional.....	10
5.2. Impactos durante el funcionamiento de la central.....	11
5.2.1 Impactos sonoros.....	11
5.2.2. Impactos paisajísticos.....	12
5.2.3 Impactos biológicos.....	13
5.3. IMPACTOS ASOCIADOS A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.....	16
6. CONCLUSIONES.....	17
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	18
1. INTRODUCCIÓN.....	22
2. OBJETIVO.....	22
3. JUSTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO.....	22
4. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA.....	23
4.1. Datos de la obra.....	23
4.2. Servicios afectados.....	24
4.3. Interferencias con el tráfico.....	24
4.4. Servicios higiénicos y asistencia sanitaria.....	24
5. UNIDADES CONSTRUCTIVAS QUE COMPONEN LA OBRA.....	25
5.1. Trabajos preliminares.....	25
5.1.1. Prospecciones del lugar.....	25



ÍNDICE GENERAL

5.1.2. Vallado perimetral de la obra y señalización provisional de la obra.....	25
5.1.3. Instalaciones provisionales de la obra.....	26
5.2. Trabajos de replanteo.....	26
5.3. Desbroce del terreno.....	27
5.4. Demoliciones.....	27
5.5. Movimientos de tierras.....	27
5.6. Trabajos con tubos, conducciones, dispositivos de apertura cierre y regulación, compuertas y asimilables.....	28
5.7. Rellenos.....	28
5.8. Encofrados y moldes.....	28
5.9. Cimentaciones.....	28
5.10. Estructuras.....	28
5.11. Impermeabilizaciones.....	29
5.12. Montaje de pasarelas, escaleras, barandillas y otros elementos prefabricados o conformados en taller.....	29
5.13. Instalaciones eléctricas.....	29
5.13.1 Instalación eléctrica permanente.....	29
5.13.2. Instalación provisional de obra.....	30
5.13.3. Instalación de alumbrado.....	30
5.14. Instalación de fontanería.....	30
5.15. Carpintería y vidriería.....	31
5.16. Trabajos de albañilería y otros.....	31
5.17. Pavimentaciones.....	31
5.18. Escollera.....	31
5.19. Recuperación ambiental, remates, acabados y reposición de accesos.....	31
6. MAQUINARIA, MEDIOS AUXILIARES Y HERRAMIENTAS DE MANO.....	32
7. ANÁLISIS DE RIESGOS LABORALES Y MEDIDAS PREVENTIVAS.....	33
7.1. Riesgos indirectos producto de omisiones de la empresa y medidas preventivas.....	33
7.2. Riesgos generados en el exterior y medidas preventivas.....	35
7.2.1. Climatología.....	35



ÍNDICE GENERAL

7.2.2. Servicios afectados.....	36
7.2.3. Tráfico.....	40
7.3. Riesgos y medidas preventivas en función de los trabajos a realizar.....	41
7.3.1. Trabajos preliminares.....	41
7.3.2. Trabajos de replanteo.....	43
7.3.3. Desbroce del terreno.....	44
7.3.4. Demoliciones.....	45
7.3.5. Movimiento de tierras.....	48
7.3.6. Trabajos con tubos, conducciones, dispositivos de apertura, cierre y regulación, compuertas y asimilables.....	52
7.3.7. Trabajos con rellenos.....	53
7.3.8. Trabajos con encofrados y moldes.....	55
7.3.9. Trabajos con ferralla.....	57
7.3.10. Trabajos con hormigón.....	58
7.3.11. Trabajos de soldadura.....	61
7.3.12. Riesgos en la ejecución de estructuras.....	64
7.3.13. Trabajos de impermeabilización.....	66
7.3.14. Montaje de pasarelas y escaleras, barandillas y elementos prefabricados o conformados en taller.....	67
7.3.15. Instalaciones eléctricas. Medida y Normas de Seguridad.....	69
7.3.16. Instalación de fontanería y saneamiento.....	73
7.3.17. Montaje de vidrio estructural, carpintería exterior e interior.....	75
7.3.18. Montaje de vidriería.....	75
7.3.19. Trabajos de albañilería.....	76
7.3.20. Trabajos con pinturas, disolventes, barnices y otras imprimaciones.....	77
7.3.21. Recuperación ambiental, acabados y reposiciones de accesos.....	78



**UNIVERSIDAD
DE SALAMANCA**



UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ÁVILA

-GRADO INGENIERÍA CIVIL -

DISEÑO DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS.

MODELO DE APROVECHAMIENTO EN EL RÍO BERNESGA (LEÓN).

Documento 1: MEMORIA

Autor: REBECA DÍAZ MUÑOZ

Tutor: Dr. Pedro Huerta Hurtado



ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. LEGISLACIÓN	8
3. ANTECEDENTES.....	13
4. ENERGÍA MINIHIDRAULICA	14
4.1. Introducción.....	14
4.2. Evolución.....	15
4.3. Situación Actual en España y previsión futura	16
5. MINICENTRALES.....	18
5.1. Introducción.....	18
5.2. Aspectos económicos	18
5.3. Tipos de Minicentrales.....	20
5.3.1. Centrales de caudal fluyente.	20
5.3.2. Centrales de pie de presa	22
5.3.3. Centrales ubicadas en redes de agua.	25
5.3.3.1. Centrales ubicadas en canales de riego o abastecimiento.....	25
5.3.3.2. Centrales ubicadas en plantas de tratamiento de aguas residuales.	26
5.3.3.3 Centrales ubicadas en sistemas de alimentación de agua potable...	27
5.4. Aplicación.....	28
5.5. Ventajas e Inconvenientes de las Pequeñas Centrales	29
6. DISEÑO DE MINICENTRALES	32
6.1. Introducción.....	32
6.2. Aspectos Generales.	32
6.3. Análisis de Pre-Factibilidad.	34
6.3.1. Inventario.....	34
6.3.2. Reconocimiento.	34
6.3.3. Pre-factibilidad.....	35
6.4. Estudios Previos	36
6.4.1. Estudio Cartográfico.	36



MEMORIA

6.4.2. Estudio Geotécnico.	38
6.4.3. Estudio Hidrológico.	39
6.4.3.1. Caudal ecológico o caudal reservado	41
6.4.3.2. Curva de caudales clasificados (CCC):.....	42
6.4.4. Estudio Topográfico.	44
6.5. Elementos de una mini-central hidroeléctrica.	51
6.5.1. Obra civil.	51
6.5.1.1. Azudes y presas.....	52
6.5.1.2. Aliviaderos, Compuertas y Desagües.....	55
6.5.1.3. Obras de Captación.....	59
6.5.1.4. Obras de Conducción.....	61
6.5.1.5. Cámara de carga y/o Desarenador.	65
6.5.1.6. Edificio.....	66
6.5.1.7. Elementos de cierre y regulación	66
6.5.2 Equipamiento electromecánico.....	67
6.5.2.1 Órgano de cierre de la turbina.....	67
6.5.2.2 Turbinas.	67
6.5.2.3 Multiplicador.....	83
6.5.2.4. Generadores.	83
6.5.2.5 Elementos de regulación y protección:	87
6.5.2.6. Equipo eléctrico general	89
6.5.2.7. Automatización.....	90
6.5.2.8. Subestación al aire libre.....	92
6.5.2.9. Componentes auxiliares.	93
6.6. Cálculos Hidráulicos	94
6.6.1. Aliviaderos y Compuertas	94
6.6.2. Rejillas	97
6.6.3. Conducciones en Régimen Libre.....	100
6.6.3.1. Fundamentos Hidráulicos.	100
6.6.3.2. Análisis Energético	104



MEMORIA

6.6.3.3. Pérdidas de carga debido a la Fricción.	107
6.6.3.4. Pérdidas de carga Localizadas.	108
6.6.3.5. Dimensionado del Canal	108
6.6.4. Cámara de carga	114
6.6.5. Conducciones bajo Presión.....	117
6.6.5.1. Fundamentos Hidráulicos.....	117
6.6.5.2. Análisis Energético	119
6.6.5.3. Pérdidas de Carga por Fricción	120
6.6.5.4. Pérdidas de Carga por Turbulencia (localizadas).....	129
6.6.5.5. Régimen Transitorio. Golpe de Ariete.	135
6.6.5.6. Dimensionado de la Tubería	142
6.7. Determinación del equipo Electromecánico.	151
6.7.1. Turbina	151
6.7.1.1. Consideraciones para la elección de la turbina	151
6.7.1.2. Diseño inicial	161
6.7.1.3. Rendimiento de las turbinas. Necesidad del Difusor.	164
6.7.1.4. Curvas características de las turbinas.....	167
6.7.2. Multiplicador.....	169
6.7.3. Elección del Generador.....	170
6.8. Calculo de potencia.....	174
6.9. Viabilidad Económica	175
6.9.1. Índices de rentabilidad	176
6.9.1.1. Periodo simple de retorno	176
6.9.1.2. Índice de Energía	177
6.9.1.3. Índice de Potencia	177
6.9.2. Rentabilidad de la inversión	177
6.9.2.1. Valor Actual Neto (VAN).....	177
6.9.2.2. Tasa interna de retorno (TIR).....	178
7. MODELO DE APROVECHAMIENTO EN EL RIO BERNESGA	179
7.1. Introducción.....	179



MEMORIA

7.2. Objetivo y alcance	179
7.3. Situación y emplazamiento	180
7.4. Programa de necesidades	181
7.5. Descripción general de las obras.....	182
7.6. Descripción Instalaciones.	183
7.6.1. Canales de Derivación.....	183
7.6.2. Reja de finos y Limpiarejas	185
7.6.3. Edificio.....	187
7.7. Descripción Equipos Electromecánicos	190
7.7.1. Turbina.....	190
7.7.2. Multiplicador.	192
7.7.3. Generador	193
7.7.3.1. Generalidades	194
7.7.3.2. Estator.....	194
7.7.3.3. Rotor	195
7.7.3.4. Equipo de vigilancia, alarmas y protecciones del generador.....	195
7.7.4. Transformador principal.....	196
7.7.5. Cuadro de control y protecciones	196
7.7.6. Excitación y Regulación de tensión	197
7.7.7. Mando, Medida y Señalización	198
7.7.8. Mando Automático	199
7.7.9. Diseño y Construcción de las celdas	199
7.7.10. Cargador de Batería.....	200
7.8. Características generales del aprovechamiento.....	200
7.9. Resumen del Presupuesto	201
8. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	202
8.1. Conclusiones	203
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	204
ANEXOS A LA MEMORIA	213



1. INTRODUCCIÓN

La energía hidroeléctrica comparte las ventajas de ser autóctona, limpia, e inagotable, como el resto de las energías renovables, y que además se encuentra en un punto muy avanzado y eficiente con respecto al desarrollo tecnológico. Se trata de una energía con las menores repercusiones medioambientales siendo no contaminante e ilimitada.

Desde hace varios años, las sociedades modernas han comprendido la necesidad de cambiar las tendencias energéticas de cara al futuro. Algunos problemas medioambientales serios como el cambio climático, la lluvia ácida o el agujero de la capa de ozono son provocados, entre otras causas, por el aumento de las emisiones de CO₂ que a lo largo de los últimos años han provocado las energías basadas en los combustibles fósiles como el carbón, el gas natural y el petróleo. Las actuales políticas nacionales y los acuerdos y tratados internacionales son un reflejo de esa concienciación e incluyen como objetivo prioritario un desarrollo sostenible que no comprometa los recursos naturales de las futuras generaciones.

Las energías renovables que provienen de una fuente inagotable en la escala de tiempos del ser humano como es el Sol y no emiten gases de efecto invernadero, entre otros beneficios, son una de las piezas clave en la construcción de un sistema de desarrollo sostenible. Algunas de estas energías han dejado de ser tecnologías caras y minoritarias para ser plenamente competitivas y eficaces de cara a cubrir las necesidades de la demanda. Dentro de estas energías renovables, la energía hidroeléctrica ocupa un papel importante, ya que es capaz de dar respuesta a los picos de demanda de los sistemas eléctrico, además de tratarse de una energía autóctona con poca dependencia exterior en comparación con el petróleo, cuyo precio fluctúa enormemente por la situación de inestabilidad de los países productores.

Las centrales hidroeléctricas de menos de 10 MW son denominadas centrales minihidráulicas y suponen un gran paso hacia el aprovechamiento de todo el potencial hidroeléctrico ya que, comparadas a las grandes centrales implantadas en los grandes saltos hidrológicos, pueden ser instaladas en multitud de emplazamientos que de otra forma no serían aprovechados, además de suponer un menor impacto medioambiental

Se redacta el siguiente proyecto en el que se desarrolla el diseño de un aprovechamiento hidroeléctrico, así como la guía de etapas a llevar a cabo para su elaboración, con un ejemplo de minicentral de caudal fluyente en el río Bernesga, en la ciudad de León.



MEMORIA

Tiene como objetivo potenciar las fuentes de energía renovables, utilizando la energía mini-hidroeléctrica, y obtener energía eléctrica de una forma limpia y no contaminante utilizando cualquier curso de agua, para ello se realiza un aprovechamiento hidroeléctrico de las aguas del río Bernesga en León, realizando un modelo de posible minicentral hidroeléctrica a modo de ejemplo, que permita utilizar el caudal concesional óptimo para conseguir el mayor aprovechamiento posible del recurso siendo compatible con los valores medioambientales del propio río.

Se elabora un estudio del régimen de caudales del río, obteniendo así el caudal recomendable a ser utilizado para la producción de la máxima energía eléctrica posible, sin comprometer el estado medioambiental del río.

Se define también las características, detalles y condiciones técnicas de una posible minicentral eléctrica, con las obras correspondientes, equipos electromecánicos, eléctricos y automatismos de control, llegando a calcular la energía que podría generarse, así como la viabilidad económica de la instalación.

Se completa el trabajo con un estudio de prevención de los riesgos laborales posibles durante la realización de la obra, así como un estudio del posible impacto ambiental que tendría la central.



2. LEGISLACIÓN

EUROPEA

- Directiva 2014/52/UE Del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de abril de 2014 por la que se modifica la Directiva 2011/92/UE, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente
- Directiva 2013/39/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de agosto de 2013, por la que se modifican las Directivas 2000/60/CE y 2008/105/CE en cuanto a las sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas.
- La Directiva 2009/28/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE, establece un marco común para el fomento de la energía procedente de fuentes renovables.
- COM (2005): Comunicación de la Comisión sobre el apoyo a la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables. Diciembre de 2005. Libro Verde sobre eficiencia energética o cómo hacer más con menos. Junio de 2005.
- Directiva 2001/42/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001, relativa a la evaluación ambiental de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre, por el que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- COM (1997). Energía para el futuro: fuentes de energía renovables. Libro Blanco para una estrategia y un plan de acción comunitarios. Noviembre de 1997.
- Directiva 85/337/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1985, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. Modificada por la Directiva 97/11/CE del Consejo, de 3 de marzo de 1997.

NACIONAL

- Ley 3/2015, de 29 de diciembre, de medidas en materia de gestión integrada de calidad ambiental, de aguas, tributaria y de sanidad animal. BOE núm. 28, de 2 de febrero de 2016. BOE-A-2016-958
- Real Decreto 1074/2014, de 19 de diciembre, por el que se modifican el Reglamento de los Impuestos Especiales, aprobado por el Real Decreto 1165/1995, de 7 de julio. «BOE» núm. 307, de 20 de diciembre de 2014.



MEMORIA

- Ley 28/2014, de 27 de noviembre, por la que se modifican la Ley 37/1992, de 28 de diciembre, del Impuesto sobre el Valor Añadido, la Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales, y la Ley 16/2013, de 29 de octubre, por la que se establecen determinadas medidas en materia de fiscalidad medioambiental y se adoptan otras medidas tributarias y financieras. «BOE» núm. 288, de 28 de noviembre de 2014.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. «BOE» núm. 140, de 10 de junio de 2014.
- Real Decreto 1041/2013, de 27 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento de los Impuestos Especiales, aprobado por el Real Decreto 1165/1995, de 7 de julio, y se introducen otras disposiciones en relación con los Impuestos Especiales de fabricación y el Impuesto sobre el valor de la producción de la energía eléctrica. «BOE» núm. 312, de 30 de diciembre de 2013.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. «BOE» núm. 310, de 27/12/2013. Salvo las disposiciones adicionales 6, 7, 21 y 23 por las que sigue en vigor la Ley 54/1997, de 27 de noviembre. BOE núm. 285 de 28 de noviembre de 1997.
- Ley 21/2013 de 9 de diciembre de Evaluación Ambiental. BOE» núm. 296, de 11/12/2013.
- Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico. «BOE» núm. 167, de 13 de julio de 2013.
- Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos. «BOE» núm. 24, de 28/01/2012.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia. «BOE» núm. 295, de 08/12/2011. Incluye la corrección de errores publicada en BOE núm. 36, de 11 de febrero de 2012.
- Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público. «BOE» núm. 276, de 16 de noviembre de 2011. Incluye la corrección de errores publicada en BOE núm. 29, de 3 de febrero de 2012.



MEMORIA

- Real Decreto 1544/2011, de 31 de octubre, por el que se establecen los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución que deben satisfacer los productores de energía eléctrica. «BOE» núm. 276, de 16/11/2011.
- Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero.
- Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción. «BOE» núm. 71, de 23 de marzo de 2010.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico. «BOE» núm. 224, de 18/09/2007.
- Real Decreto 1634/2006, de 29 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica a partir de 1 de enero de 2007. SE DEROGA el primer párrafo del art. 1.1, la disposición transitoria cuarta y los apartados 1 y 2 del anexo I, por Real Decreto 871/2007, de 29 de junio.
- Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VIII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.
- Real Decreto 1432/2002, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para la aprobación o modificación de la tarifa eléctrica media o de referencia y se modifican algunos artículos del Real Decreto 2017/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el procedimiento de liquidación de los costes de transporte, distribución y comercialización a tarifa, de los costes permanentes del sistema y de los costes de diversificación y seguridad de abastecimiento. BOE núm. 313, de 31 de diciembre de 2002. Incluye la corrección de errores publicada en BOE núm. 60, de 11 de marzo de 2003.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. BOE» núm. 224, de 18 de septiembre de 2002.
- Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas. BOE núm. 257, de 26/10/2001.



MEMORIA

Incluye las correcciones de errores publicadas en BOE núms. 303, de 19 de diciembre de 2001 y 34, de 8 de febrero de 2002.

- Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional. BOE-A-2001-13042. Incluye la corrección de errores publicada en BOE núm. 184, de 2 de agosto de 2001.
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas BOE-A-2001-14276. Incluye la corrección de errores publicada en BOE núm. 287, de 30 de noviembre de 2001. Ref. BOE-A-2001-22362. Modificado por la Ley 16/2002, de 1 de julio. (Ref. BOE-A-2002-12995) que deroga las autorizaciones de vertidos a las aguas continentales de cuencas intracomunitarias.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica BOE-A-2000-24019. Incluye la corrección de errores publicada en BOE núm. 62, de 13 de marzo de 2001. Ref. BOE-A-2001-4839
- Real Decreto 1965/1999, de 23 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento de los Impuestos Especiales. BOE núm. 312, de 30 de diciembre de 1999. BOE-A-1999-24787.
- Ley 50/1998, de 30 de diciembre de Medidas Fiscales Administrativas, y del Orden Social. BOE-A-1998-30155 . Modificaciones de la Ley 54/97 del Sector Eléctrico. BOE núm. 313 de 31 de diciembre de 1998. Incluye la corrección de errores publicada en BOE núm. 109, de 7 de mayo de 1999. Ref. BOE-A-1999-10227.
- Ley 66/1997 de 30 de diciembre de Medidas Fiscales y de Orden social, sección 5ª por la que se modifica la Ley 38/1992 de 28 de diciembre de Impuestos Especiales y añade el IMPUESTO SOBRE LA ELECTRICIDAD. BOE núm. 313 de 31 de diciembre de 1997. BOE-A-1997-28053.
- Real Decreto 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica. BOE núm. 310 de 27 de diciembre de 1997.
- Real Decreto 2017/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el procedimiento de liquidación de los costes de transporte, distribución y comercialización a tarifa, de los costes permanentes del sistema y de los costes de diversificación y seguridad de abastecimiento. BOE núm. 310 de 27 de diciembre de 1997.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción (BOE nº 256, de 25/10/97).
- Orden de 12 de marzo de 1996 por la que se aprueba el Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses (BOE nº 78, de 30/03/1996).



MEMORIA

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE nº 269, de 10/11/95).
- Real Decreto 1165/1995 de 7 de julio de 1995 por el que se establece el reglamento de los Impuestos especiales. BOE núm. 179 de 28 de julio de 1995.
- Real Decreto 249/1988, de 18 marzo, por el que se modifican los artículos 2º, 9º y 14º del Real Decreto 916/1985, de 25 de mayo, que estableció un procedimiento abreviado de tramitación de concesiones y autorizaciones administrativas para la instalación, ampliación o adaptación de aprovechamientos Hidroeléctricos con potencia nominal no superior a 5.000 kVA (BOE nº 70, de 22/03/88).
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas (BOE de 30/04/86). Corrección de errores (BOE de 2/07/86). Este Real Decreto pasa a denominarse: "Reglamento del Dominio Público Hidráulico que desarrolla los títulos preliminares, I, IV, V, VI, VII y VIII del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio", según establece el art. único.1 del Real Decreto 9/2008, de 11 de enero.
- Orden de 5 de septiembre de 1985 por la que se establecen normas administrativas y técnicas para el funcionamiento de conexión a redes eléctricas de centrales hidroeléctricas hasta 5000 KVA y centrales de autogeneración eléctrica. BOE núm. 219 de 12 de septiembre de 1985.
- Real Decreto 916/1985, de 25 de mayo, que establece el procedimiento de tramitación de concesiones y autorizaciones administrativas para la instalación, ampliación o adaptación de aprovechamientos hidroeléctricos con potencia nominal no superior a 5.000 kVA (BOE nº 149, de 22/06/85).
- Real Decreto 1725/1984, de 18 de julio, por el que se modifican el Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía y el modelo de póliza de abono para el suministro de energía eléctrica y las condiciones de carácter general de la misma.
- Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Órdenes de 6 de Julio de 1984, de 18 de Octubre de 1984 y de 27 de Noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.
- Decreto 3854/1970, de 31 de diciembre, por el que se aprueba el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado.



3. ANTECEDENTES

La energía hidráulica fue una de las primeras fuentes de energías renovables explotada de forma comercial, por lo que hoy, tras 150 años de evolución, es un sector tecnológicamente desarrollado y maduro que nos permite obtener energía eléctrica de una forma limpia y sostenible utilizando un recurso renovable. Sin embargo, se estima que las instalaciones con capacidad superior a 10 MW producen un impacto ambiental lo suficientemente grande como para no poder ser consideradas una fuente de energía renovable y limpia.

Por esta razón, se decide realizar un aprovechamiento hidroeléctrico planteando como ejemplo una minicentral hidráulica que, basándose en el mismo principio que la hidráulica convencional, produce energía eléctrica, con una potencia no superior a 10MW, de forma sostenible, ya que no precisa de infraestructura ni de un embalse regulador enorme, sino que aprovecha el movimiento del río, sea cual sea su caudal.

Además, al proyectarse sobre el río Bernesga, cuyas características (como que el caudal sea relativamente constante), hacen que el tipo de minicentral más adecuado sea una de caudal fluyente, como se muestra en el capítulo 5.3.1., que aprovechará el desnivel creado por un azud existente, evitando así tener que realizar grandes infraestructuras, y apropiado también por el escaso impacto ambiental y buenos resultados que ha tenido un aprovechamiento similar situado aguas abajo.

Se ha planeado en una zona más alejada del núcleo de la ciudad, en un barrio de nueva construcción, para aminorar el posible impacto social que podría provocar, ya que el mayor impacto observado en la central existente es visual, debido a la acumulación de sedimentos y suciedad, arrastrados por el río, en el azud. Además, si finalmente dicho azud acaba demoliéndose, como se ha planteado en varias ocasiones, el aprovechamiento actual perderá continuidad en la producción de energía, lo que incrementa la necesidad de realizar un nuevo aprovechamiento que solvete estos problemas y salve la necesidad de cubrir la demanda de los picos u "horas punta", en la curva de demanda energética diaria.

Se prevé obtener con el presente aprovechamiento hidroeléctrico la suficiente energía como para cubrir el equivalente en consumo a 800 familias, generando aproximadamente una potencia que proporcionaría electricidad tanto al centro comercial existente en las cercanías y al barrio de "Eras de Renueva".



4. ENERGÍA MINIHIDRAULICA

4.1. Introducción

La energía hidroeléctrica, una de las principales fuentes de electricidad, se obtiene transformando la energía potencial y cinética de un curso de agua en energía eléctrica, siendo esta potencia eléctrica generada proporcional al caudal utilizado y a la altura del salto.

Es una energía limpia, autosuficiente e inagotable, que además tiene un gran progreso histórico y actualmente se encuentra muy desarrollada tecnológicamente, por lo que su utilización respecto al uso de energías convencionales es muy recomendable, ya que estas son contaminantes, producen residuos y se producen de forma limitada.

Sin embargo, aunque utilicen una fuente de energía renovable, las instalaciones de grandes dimensiones con embalses para millones de metros cúbicos de agua, a parte de su elevado coste, tienen también un efecto negativo sobre el medio ambiente. Pueden provocar trastornos en los ecosistemas preexistentes por la desaparición de terrenos y por la modificación de los flujos de los cursos de agua, dejando secos los ríos en largos tramos y por muchos meses al año, con graves daños para el patrimonio. También pueden modificar las capas acuíferas, empeorar la calidad de las aguas por el menor poder de dilución de los contaminantes y, a veces, pueden llegar a causar catástrofes geológicas.

Estas desventajas se pueden solucionar planteando Minicentrales Hidráulicas, que producen energía eléctrica igualmente, pero de pequeña potencia, por lo que no precisan de grandes embalses, amplios terrenos ni importantes infraestructuras, por lo cual, no ocasionan un elevado índice de impacto ambiental. Es por esto por lo que la versión con más futuro en el campo de la energía hidroeléctrica es para estas minicentrales, que aprovechan el caudal y movimiento de cualquier fuente de agua, ya sea un arroyo, un canal u otra forma de corriente. Puede aprovecharse para generar electricidad para autoconsumo o para vender la electricidad a la red. La altura mínima necesaria para que la turbina funcione es de metro y medio.

De acuerdo al Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. «BOE» núm. 140, de 10 de junio de 2014. se consideran centrales minihidráulicas a aquellas instalaciones que tengan una potencia instalada menor o igual a 10 MW.



4.2. Evolución

El origen de las pequeñas centrales hidroeléctricas tiene su fundamento en los antiguos molinos y ferrerías que eran formas ancestrales de aprovechamiento de la energía hidráulica. Los egipcios fueron los pioneros en el uso de esta energía al crear las primeras "casas de luz", que transformaban la energía mecánica de un molino tradicional en energía eléctrica mediante una dínamo.

La construcción de grandes presas, así como la creación de centrales térmicas en el entorno de las explotaciones de mineral, provocaron el cierre de más de mil minicentrales entre las décadas de los años sesenta y setenta, ya que, en comparación con el resto de complejos generadores de energía, los costes de producción eran muy altos.

No obstante, a principios de los años ochenta, como consecuencia de las crisis del petróleo y la búsqueda de fuentes de energía alternativas y renovables, que paliaran los efectos negativos de la subida de los precios del crudo, así como de cubrir la demanda de los picos u "horas punta" en la curva de demanda energética diaria, se volvió a considerar la puesta en explotación de antiguas minicentrales.

En efecto, en la X Conferencia Mundial de la Energía, celebrada en Estambul y la aparición de la Ley 82/80 de 30 de diciembre sobre Conservación de la Energía, el Real Decreto 1.217/1.991 de 10 de abril para el fomento de la producción hidroeléctrica de pequeñas centrales y la aparición del I y el II Plan de Energías Renovables (PER - 86), se impulsó la restauración o creación de este tipo de instalaciones.

Particularmente en el caso de España, se dio licencia a una primera partida de un centenar de minicentrales y activó hasta la fecha la solicitud de concesiones de nuevos aprovechamientos (Luxán & Jiménez, 1996), provocando una favorable evolución en los años posteriores alcanzándose una potencia acumulada total en España de 1.749 MW a finales de 2004 (Figura 1).

MEMORIA

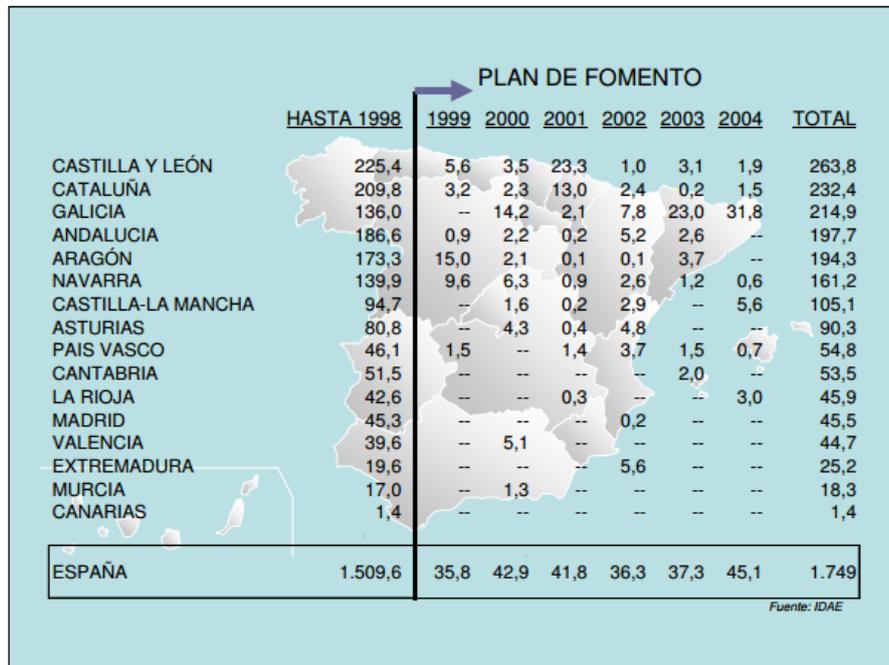


Figura 1: Desglose por Comunidades Autónomas. de la potencia instalada minihidráulica hasta el año 2004. (Plan de Fomento de Energía Renovables en España 2005-2010).

Sin embargo, pese a la global evolución de la energía minihidráulica, el avance se produjo más lentamente de lo esperado, dado que el objetivo fijado en el "Libro Blanco para una Estrategia Común y un Plan de Acción para las Energías Renovables", desarrollado en 1997 por parte de la Comisión de las Comunidades Europeas, establecía un incremento de 4.500 MW en la potencia instalada en Europa en minicentrales hidroeléctricas para el horizonte 2010, lo que significó que se debía de incrementar la producción anual desde los 37 TWh actuales a los 55 TWh, cosa que no se consiguió.

4.3. Situación Actual en España y previsión futura

La Conferencia de Kyoto, obliga a todos los países a promocionar el desarrollo de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables. Así mismo, la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009 y el Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020, fija como objetivo para España en el año 2020, de que al menos el 20 % del consumo final bruto de energía proceda del aprovechamiento de las fuentes renovables. Esto se debe a motivos de seguridad y diversificación del suministro de energía, para reducir el consumo de combustibles fósiles, para la protección del medio ambiente al reducir las emisiones contaminantes en la atmósfera y razones de cohesión económica y social.

MEMORIA

Dentro de las fuentes de energías renovables que utilizamos en nuestro país, la energía hidroeléctrica es la más utilizada (Figura 2), ya que tiene un mayor grado de madurez y un desarrollo tecnológico más consolidado, gracias a la existencia de importantes recursos hidrológicos, al aprovechamiento de la orografía y a la existencia de un gran número de presas con aprovechamientos hidroeléctricos (Marín y Marín, 2010). Aunque la evolución de dicha energía en España ha sido creciente, en los últimos años ha experimentado una disminución en la producción total de electricidad.

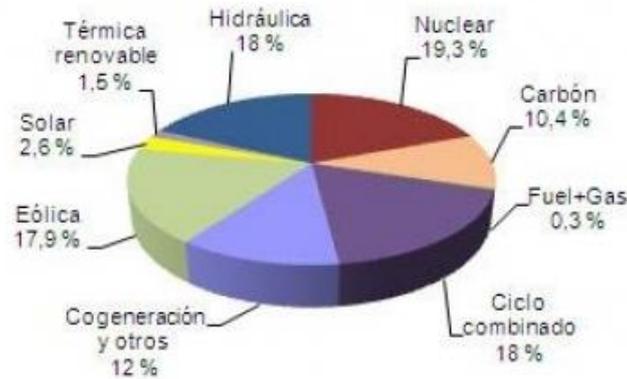


Figura 2: Diagrama porcentual del aprovechamiento de las fuentes de Energías Renovables en España. (Red eléctrica de España, 2015)

La energía hidroeléctrica generada en pequeñas centrales, sin embargo, sigue aumentando, aunque de manera muy moderada. Por ejemplo, en el año 2010, la contribución de este tipo de energía a la producción eléctrica nacional fue de 1915Mw, superior a los años anteriores, como resultado de unos recursos hídricos muy por encima de la media histórica de los últimos años, y en el 2015 fue de aproximadamente 2000Mw (Plan de energías renovables 2011 - 2020).

En el futuro se espera que esta tecnología siga creciendo a una media anual de entre 40 a 60 MW, puesto que el potencial hidroeléctrico ofrece grandes posibilidades de un mayor crecimiento, debido a la diversidad de caudales que aún son susceptibles de ser aprovechados de forma sostenible con las nuevas tecnologías, pudiendo llegar al objetivo previsto, en el mismo Plan, de 2200Mw en el año 2020, o incluso consiguiendo alcanzar los 2600 Mw, si se mejoran los procedimientos de tramitación concesional y se incrementa el desarrollo del potencial hidroeléctrico de tipo sostenible, aprovechando más caudales, reparando o ampliando centrales ya existentes y creando nuevas centrales, como las de caudal fluyentes, de mínimas afecciones medioambientales.



5. MINICENTRALES

5.1. Introducción

Las centrales hidroeléctricas, como se ha mostrado, son instalaciones que permiten aprovechar la energía potencial y cinética contenida en una masa de agua y la transforman en energía eléctrica. Esto se logra conduciendo el agua desde el nivel en el que se encuentra, generalmente a cierta altura, hasta donde se sitúan una o varias turbinas hidráulicas, que son movidas por la acción del agua sobre sus aletas, y que a su vez hacen girar uno o varios generadores, produciendo energía eléctrica.

Como ya se ha expuesto, se denominan Pequeñas Centrales o Minicentrales hidroeléctricas, a las instalaciones que tengan una potencia instalada menor o igual a 10 MW, las cuales no presentan un elevado índice de impacto ambiental ni social, ya que no tienen la necesidad de inundar grandes extensiones de terreno, con las consecuencias que ello conlleva, tanto a nivel de los habitantes de la zona, como de los animales y paisaje existentes en la misma. De esta forma, la energía que producen es renovable, sostenible y limpia.

5.2. Aspectos económicos

El desarrollo tecnológico ha conseguido que la energía minihidráulica presente unos costes muy competitivos dentro del mercado eléctrico, buscando la mayor eficiencia y mejorando el rendimiento. Se están desarrollando microturbinas hidráulicas con potencias inferiores a los 10 kW, muy útiles para aprovechar la fuerza cinética de los ríos y generar electricidad en zonas aisladas. La turbina produce electricidad directamente en corriente alterna y no necesita caídas de aguas, infraestructuras adicionales ni costes altos de mantenimiento (De Juana Sardón, 2003).

Sin embargo, los costes de implantación están sujetos a múltiples variables de factores, como la orografía del terreno, accesos, tamaño, tipología de la planta, actuación a realizar entre otros. Se muestra a continuación un diagrama del porcentaje del coste que le corresponde a cada elemento de la minicentral y así conocer sobre que parte es más conveniente actuar para disminuir costes (Figura 3).

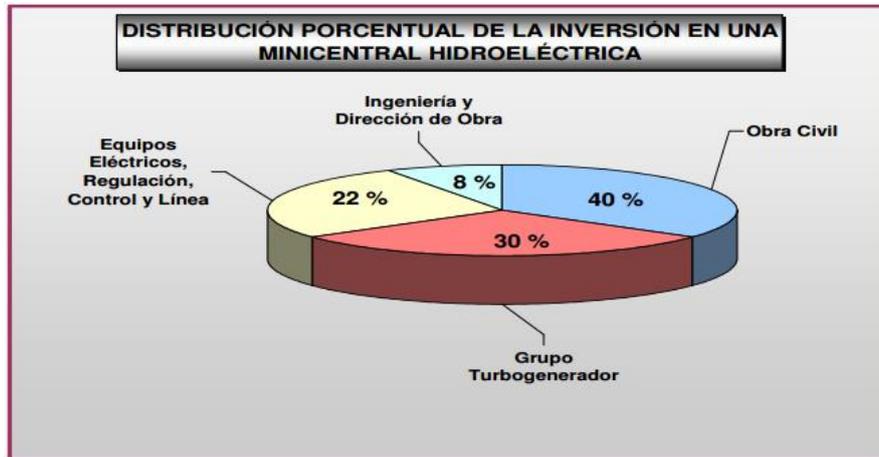


Figura 3: Distribución porcentual de los costes de inversión en una central minihidroeléctrica. (Plan de energías renovables 2005-2010)

Como se observa, la mayor parte de los costes son debido a la Obra Civil, lo cual se soluciona planteando pequeñas centrales que requieran escasa obra, como las centrales fluyentes, así como aprovechando obras o instalaciones existentes, ya sea utilizando azudes, represas o incluso algún canal existente, como es el caso de las centrales de canales de riego o abastecimiento o las de pie de presa, o también ampliando o reparando centrales ya implantadas que estén en desuso o poco desarrolladas.

Por último, se incurren los costes de explotación y mantenimiento una vez que la central se ha puesto en marcha, cuyos principales componentes son el coste de materiales, impuestos, tasas, personal, seguros y costes generales de organización y administración, entre otros. Estos costes se evalúan anualmente y como ocurre con los costes de implantación, también dependen de innumerables factores, entre ellos, el tipo de equipos instalados, averías y automatismos, por lo que es muy difícil dar cifras que sirvan para todas las instalaciones.

5.3. Tipos de Minicentrales.

Las centrales hidroeléctricas, y dentro de ellas las minicentrales hidroeléctricas, están muy condicionadas por las peculiaridades y características que presente el lugar donde vayan a ser ubicadas, ya que la topografía del terreno va a influir tanto en la obra civil necesaria como en la selección de la maquinaria (IDAE, 2006).

Según el emplazamiento de la central hidroeléctrica se realiza la siguiente clasificación general:

5.3.1. Centrales de caudal fluyente.

Son aquellos aprovechamientos que no disponen de embalse, por lo que no tienen capacidad de regulación del caudal turbinado y este es muy variable, así que dependen directamente de la hidrología.

Cuentan con un salto útil prácticamente constante y su potencia depende directamente del caudal que pasa por el río, del que captan una parte y lo transportan hacia la central, utilizando un canal o una tubería de presión (Figura 4). Tras ser utilizado, se devuelve dicho caudal al cauce, de modo que la central trabaja mientras el caudal, que circula por el cauce del río, es superior al mínimo técnico de las turbinas instaladas, y deja de funcionar cuando desciende por debajo de ese valor.

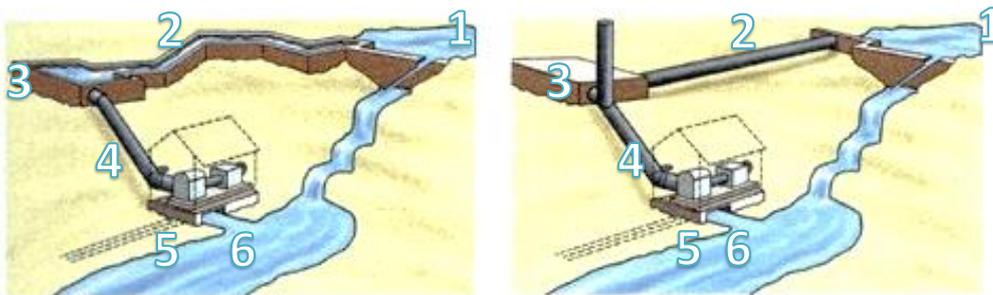


Figura 4: Esquema centrales caudal fluyente (Lorenzo, 2015)

Dentro de esta tipología encontramos en España, entre otras, la central de Murias en Asturias, que aprovecha el caudal de los ríos Negro y Los tornos en el término municipal de Aller, la central de Sologoen, en Guipúzcoa, que utiliza el caudal del río Deba o la central de El Barco, en Fuenmayor (La Rioja) que turbinada un caudal procedente del río Ebro (Figura 5). Sus detalles, junto con otros ejemplos de centrales similares, se exponen en el Anexo 4, Minicentrales en funcionamiento, del presente proyecto.



Figura 5: Minicentral Hidroeléctrica El Barco (Hygenet, 2015)

Dependiendo del emplazamiento donde se sitúe la central, será necesario la construcción de todos o sólo algunos de los elementos mostrados, los cuales son:

- 1- Azud.
- 2- Toma y Derivación (Canal o Conducción a presión).
- 3- Cámara de carga.
- 4- Tubería forzada.
- 5- Edificio central y equipamiento electro-mecánico.
- 6- Canal de descarga.
- 7- Subestación y línea eléctrica

En función de los elementos de los que conste la central y dependiendo de la topografía del terreno, pueden diferenciarse varias soluciones:

- En el caso de los aprovechamientos en los que topográficamente no exista altura de salto, se utiliza un azud o presa, normalmente de pequeña altura, que remansa el agua elevando su cota para desviarla hacia una estructura de toma, generalmente un canal. Desde esta, una tubería a presión conduce el agua directamente a la central. A la salida de las turbinas el agua se restituye al cauce mediante un canal de desagüe.

En estos casos, como es el de este diseño, el azud, con su escala de peces adosada, la toma de agua, tubería y casa de máquinas propiamente dicha, forman una estructura única. Las tuberías a presión son relativamente caras por lo que en muchas ocasiones esta solución tiene un coste elevado. En estos casos, la cámara



de presión puede convertirse en un pequeño depósito regulador, aprovechando las posibilidades que ofrecen hoy los geotextiles.

- La alternativa, es derivar directamente el agua a un canal de poca pendiente, similar al de los aprovechamientos de montaña, que discurre paralelo al río hasta la cámara de carga, desde la que una tubería forzada la conduce a presión a la casa de máquinas y alimenta a la turbina. Si las características topográficas o morfológicas del terreno no son favorables, el canal puede no ser la solución óptima. En estos casos, una tubería de baja presión, con una pendiente superior a la del canal, puede resultar más económica. Al igual que antes, el caudal turbinado se devuelve al cauce mediante un canal de desagüe.

En ambos casos, para que las pérdidas de carga sean pequeñas y poder mantener la altura hidráulica, los conductos por los que circula el agua desviada se construyen con pequeña pendiente, provocando que la velocidad de circulación del agua sea baja, puesto que la pérdida de carga es proporcional al cuadrado de la velocidad (Sarasúa, 2009).

5.3.2. Centrales de pie de presa.

Este tipo de aprovechamiento sí tienen la posibilidad de construir un embalse en el cauce para almacenar las aportaciones del río, así como el agua procedente de las lluvias y del deshielo. Sin embargo, generalmente un pequeño aprovechamiento hidroeléctrico no se puede permitir la creación de un gran embalse, ya que el coste de la presa y del resto de instalaciones anexas es muy elevado.

No obstante, si existen embalses destinados a otros usos, como la regulación de caudal, protección contra avenidas, riego, abastecimiento de agua potable, etc., que permiten su utilización para generar electricidad mediante los caudales excedentes o con los desembalses para riego y desviación de agua, aprovechando el desnivel creado por la propia presa (Figura 6). Esto hace que estas instalaciones cuenten con la capacidad de regulación de los caudales, que serán turbinados en los momentos que se precise, lo cual permite controlar el volumen de producción, que se emplea en general, para proporcionar energía durante las horas punta de consumo en la curva de demanda energética diaria.

MEMORIA

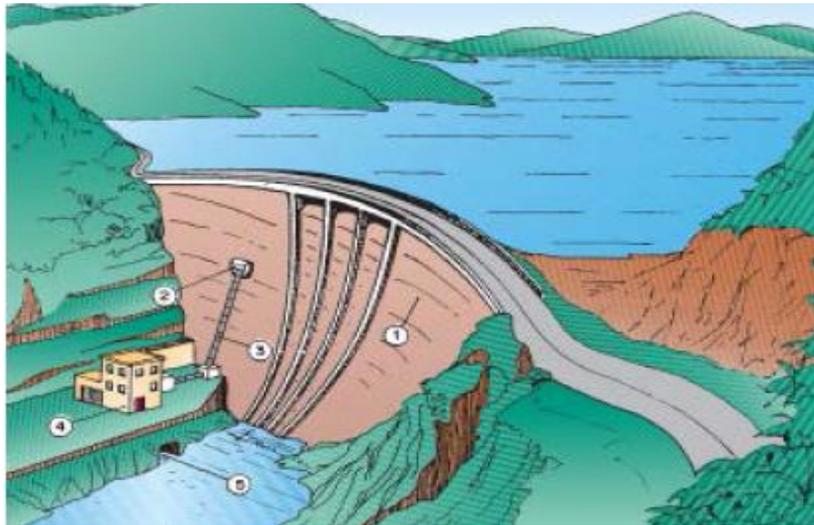


Figura 6: Esquema tipo de minicentrales situadas a pie de presa (EVE, 1995)

Esta tipología la siguen minicentrales como la del Jerte, en la presa de Plasencia (Cáceres), la que encontramos en Lanzahita (Ávila), sobre el río Garganta de la Eliza o la minicentral Tambre III en La Coruña (Figura 7), entre otras que se detallan en el Anexo 4: Minicentrales en funcionamiento.

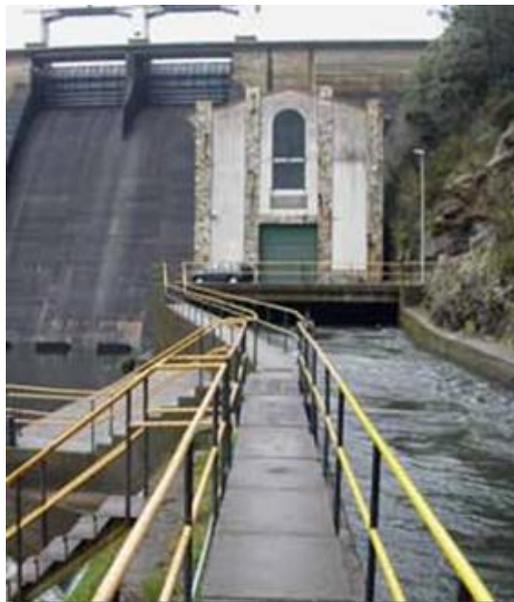


Figura 7: Minicentral Hidroeléctrica Tambre III

MEMORIA

Las obras e instalaciones necesarias en una minicentral al pie de una presa que ya existe (Figura 6) son:

- 1- Presa
 - 2- Toma de agua con compuerta y reja.
 - 3- Tubería forzada hasta la central.
 - 4- Edificio central y equipamiento electro-mecánico.
 - 5- Canal de Salida
- Subestación y línea eléctrica.

La toma de agua de la central se localiza en una parte denominada zona útil, que contiene el total de agua que puede ser turbinada. Debajo de la toma se sitúa la denominada zona muerta, que simplemente almacena agua que no se va a turbinar. Según la capacidad de agua que tenga la zona útil la regulación puede ser horaria, diaria o semanal (Rodríguez y Rodríguez, 2003).

En las minicentrales hidroeléctricas el volumen de agua almacenado suele ser pequeño, permitiendo por ejemplo producir energía eléctrica un número de horas durante el día, y llenándose el embalse durante la noche. Si la regulación es semanal, se garantiza la producción de electricidad durante el fin de semana, llenándose de nuevo el embalse durante el resto de la semana.

Su funcionamiento consta de una comunicación del nivel de aguas arriba con el de aguas abajo mediante una estructura hidráulica en la cual se inserta la turbina. Puede ser una salida de fondo de la presa (Figura 8) o en el caso de que no exista ninguna toma de agua prevista, podría realizarse una toma por sifón (Figura 9), que no requiere de obras de fábrica en la presa y el conjunto puede ser transportado a obra, completamente pre-montado. Esta solución es recomendable para presas de hasta 10 m de altura y turbinas de no más de 1 MW.

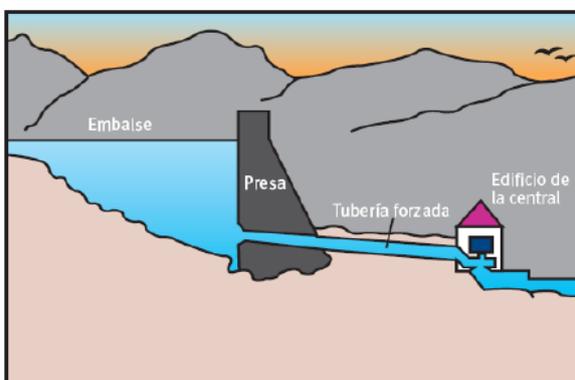


Figura 8: : Captación por medio del desagüe de fondo de la presa (IDAE, 2006)

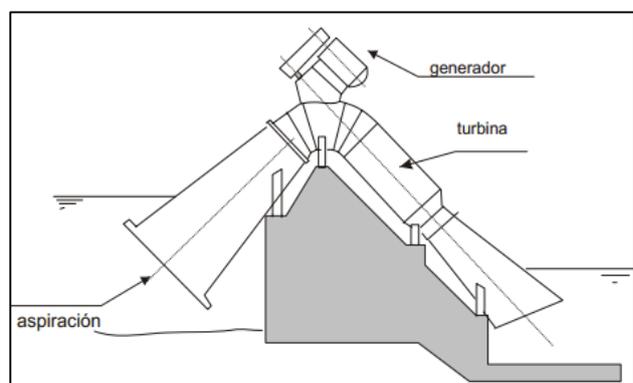


Figura 9: Captación mediante Sifón (ESHA, 2006)

5.3.3. Centrales ubicadas en redes de agua.

También existe la posibilidad de obtener energía eléctrica implantando una central hidroeléctrica en una red de agua existente o en proyecto. Son factibles de su utilización las redes de distribución de agua potable, los canales de irrigación y, eventualmente, de navegación, y las estaciones de tratamiento de aguas residuales (ESHA, 2006). Estos aprovechamientos tienen la ventaja de que muchas de las estructuras ya existen, lo que hace que el coste de la inversión sea mucho menor, el impacto ambiental asociado es prácticamente nulo y los trámites administrativos para la obtención de permisos se simplifican.

5.3.3.1. Centrales ubicadas en canales de riego o abastecimiento

Existen diversas formas para insertar una central hidroeléctrica en un canal de irrigación:

- Utilizando el desnivel existente en el propio canal, mediante la instalación de una tubería forzada, paralela a la vía rápida del canal de riego, que conduce el agua hasta la central donde es turbinada, devolviéndola posteriormente a su curso normal en el canal. La toma de agua se hace mediante un aliviadero en pico de pato, para reducir su anchura y facilitar su inserción.

- Aprovechando el desnivel existente entre el canal y el curso de un río cercano. La central en este caso se instala cercana al río y se turbinan las aguas excedentes en el canal.

- Central con la casa de máquinas sumergida en el propio canal, enchanchando este para poder instalar en él la toma de agua, la central y el canal de fuga. En este tipo de instalación, para asegurar el suministro de agua a los regadíos, hay que prever un canal alternativo para cuando se cierre la turbina, como se muestra en la siguiente imagen (Figura 10).

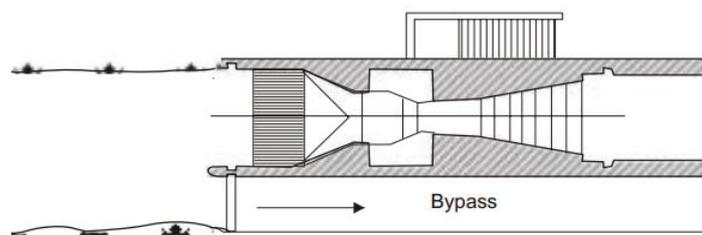


Figura 10: Esquema minicentral sumergida en canal de riego (ESHA, 1998)

Las obras que hay que realizar en estos tipos de centrales son las siguientes:

- Toma en el canal, con un aliviadero normalmente en forma de pico de pato.
- Tubería forzada.
- Edificio de la central con el equipamiento electro-mecánico.
- Obra de incorporación al canal o al río, dependiendo del tipo de aprovechamiento.
- Subestación y línea eléctrica.

Dentro de este tipo de centrales encontramos el aprovechamiento sobre el Canal de Orellana en el km 33 aproximadamente, en Extremadura, o los aprovechamientos de los canales de regadío de Aragón y Cataluña (Figura 11) o el de Cerrato en Palencia (Figura 12).



Figura 11: Minicentral Hidroeléctrica sobre el canal de riego de Aragón y Cataluña (Hygenet, 2015)



Figura 12: Minicentral Hidroeléctrica sobre el canal de riego Cerrato en Palencia (Hygenet, 2015)

5.3.3.2. Centrales ubicadas en plantas de tratamiento de aguas residuales.

La instalación de una central hidroeléctrica en una estación de tratamiento de aguas residuales, depende de la topología de esta última, pudiendo estar ubicada aguas arriba o aguas abajo de la estación. En el primer caso, encontrándose la central previa a la estación, será necesario hacer pasar las aguas grises a través de un sistema de filtros, rejillas y una instalación de decantación para eliminar los sólidos; en el segundo caso, situándose la central aguas abajo de la estación, se tratará de una instalación prácticamente convencional.

La turbina que trabaja con agua bruta en este tipo de centrales, está sujeta a un desgaste y una corrosión muy superior a la que trabaja con agua ya tratada. Pero incluso las alimentadas con aguas grises soportan perfectamente el trabajo.

5.3.3.3 Centrales ubicadas en sistemas de alimentación de agua potable.

El abastecimiento de agua potable a una ciudad se suele realizar mediante una tubería a presión que conduce el agua desde el embalse de captación a la estación de tratamiento, a cuya entrada, un sistema de válvulas concebidas especialmente para ello, se encargan de disipar la energía hidrostática, que es importante en muchas ocasiones. En lugar de esto, podría ser disipada esa energía mediante una turbina que la aproveche para generar energía eléctrica. Si se procede a la implantación de este tipo de aprovechamiento, hay que prever el cierre de la turbina, ya sea para mantenimiento o para evitar eventualmente su empalme, es necesario prever un circuito paralelo con válvulas disipadoras.

En ocasiones esta tubería no está en las condiciones óptimas y suele ser de gran longitud, por lo cual, es necesario garantizar que el funcionamiento de las válvulas que controlan el cierre de la turbina, y a la vez, la apertura del circuito paralelo, no ocasione presiones transitorias que pongan en peligro la conducción, ni alteren las condiciones en que tiene lugar el suministro. Estos aprovechamientos actúan a contrapresión, ya que, así como en un aprovechamiento convencional, el agua a la salida de la turbina está a la presión atmosférica, aquí está sujeta a la contrapresión de la red o de la estación de tratamiento.

La Figura 13 muestra el esquema tipo de una central de este tipo, que exige una regulación y control muy particulares.

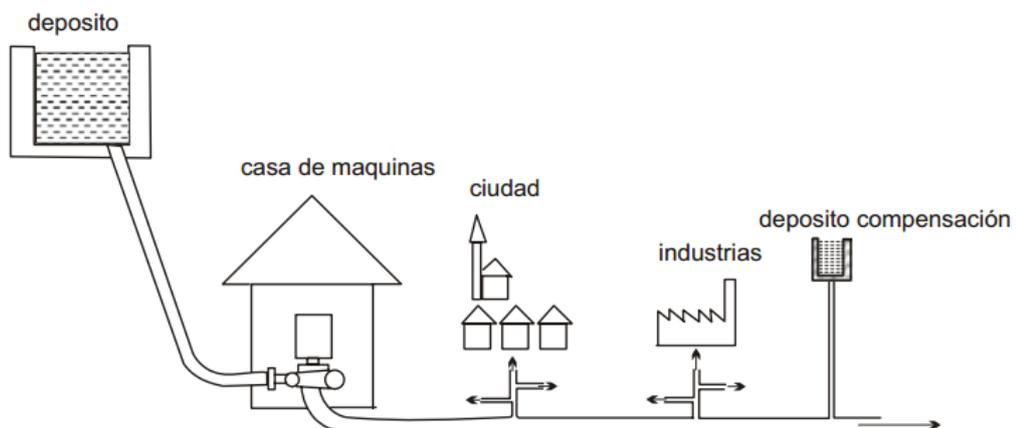


Figura 13: Esquema instalación minicentral en red de agua potable (ESHA, 2006)



5.4. Aplicación

Los sistemas minihidráulicos pueden emplearse, como ya se ha expuesto anteriormente, en cualquier lugar en el que exista un curso de agua y un cierto desnivel.

Los sistemas que tengan una reducida potencia son los de instalación más sencilla, con un menor impacto ambiental, y sirven principalmente para abastecer a zonas aisladas donde existen dificultades para acceder a la red eléctrica general como, por ejemplo, suministro de pequeñas comunidades locales, pequeñas industrias u hoteles aislados.

Cuando el caudal y el desnivel existente son suficientes para el uso directo de la energía producida, sin necesidad de realizar obras que lo origine de forma artificial, se pueden instalar pequeños grupos compactos turbina–generador, con instalación muy sencilla, que exigen muy poca infraestructura hidráulica.

La energía producida, además de cubrir los consumos eléctricos planteados, se puede aprovechar, con la utilización de resistencias, tanto para calefacción, agua caliente sanitaria o cualquier otro uso, utilizando el excedente energético producido.

El perfeccionamiento, tanto de turbinas y generadores como de sistemas de control y regulación, ha hecho posible que con pequeños caudales e incluso escasos desniveles se pueda producir energía que, convenientemente acumulada, consigue abastecer el consumo energético requerido. Para este tipo de aprovechamiento las turbinas más indicadas son las Pelton, Turgo y Banki, que más adelante (apartado 6.5.2.2. sobre los tipos de turbinas), se detallan. En la mayoría de los casos, estas turbinas son grupos compactos turbina–generador regulados por equipos que controlan la carga de los acumuladores.

Para el uso en lugares aislados se usan picoturbinas, que se construyen igual que las microturbinas, pero con potencia menor a 1MW. Comercialmente se denominan microturbinas a todas ellas sin distinguir entre las de más de o menos potencia (Cotella *et al.*, 2006). La picoturbinas permiten emplear la energía hidráulica de torrentes, arroyos y cualquier pequeña corriente de agua, proporcionando electricidad a aplicaciones particulares o autónomas de pequeña potencia, inferiores a 10.000 W.

Este tipo de turbinas se utilizan cuando hacen falta solo algunos kilovatios para alimentar una nevera, una radio o la iluminación en una vivienda aislada (Castellano y Torrent, 2009). En este caso se puede insertar directamente en el cauce de un pequeño curso de agua una turbina y un alternador estancos y el cable de la energía eléctrica llegue directamente a la vivienda.



Otra posible opción de instalación de estas pequeñas plantas, es mediante el uso de sistemas híbridos (sistema de dos o más formas de generación energética), que aseguran un funcionamiento continuo y que cubre en todo momento las necesidades previstas. Normalmente están constituidos por una fuente de energía convencional y una alternativa, pero también pueden usar dos fuentes alternativas. Estas instalaciones constan de unas baterías de almacenaje y unos rectificadores de potencia para obtener una señal de mayor calidad que se adapte a los estándares.

5.5. Ventajas e Inconvenientes de las Pequeñas Centrales

VENTAJAS FRENTE A OTRAS ENERGÍAS.

- Energía renovable, es decir, no se agota, aunque se utilice, debido al ciclo del agua su disponibilidad es **inagotable**.

- Es una forma de energía totalmente **limpia**, no produce residuos, no emite gases, no produce emisiones tóxicas, como CO₂, y no causa ningún tipo de lluvia ácida ni contribuye al cambio climático.

- Fomenta la **independencia energética**: todas las renovables en general aprovechan recursos locales, favoreciendo la independencia energética de otros países y de empresas de energía.

- Es **constante**, al contrario que otras renovables como el sol y el viento, que son intermitentes, el caudal de un río es regular.

- La turbina hidráulica es una máquina **sencilla, eficiente y segura**, que puede ponerse en marcha y detenerse con rapidez y requiere poca vigilancia siendo sus **costes** de mantenimiento, por lo general, **reducidos**

- Capacidad de **suministrar** energía **en las horas pico** de demanda.

- Conversión de energía mecánica a mecánica, trabajan a temperatura ambiente, no hay transferencia de calor por lo que tiene un **alto rendimiento** (80-90%)

- Es una energía **barata**, no tiene coste de combustible y los costes de operación son muy bajos, existen mejoras tecnológicas constantemente que ayudan a explotar de manera más eficiente los recursos.



MEMORIA

- Estas instalaciones constituyen una **fente de reactivación económica** en zonas usualmente aisladas y deprimidas, debido a los beneficios directos que supone para las comunidades locales.

- Ventajas de carácter **social y económico**, ya que estos aprovechamientos habilitan múltiples beneficios, no solo relacionados con la producción de energía, ya que la energía eléctrica es el motor de desarrollo de una región.

VENTAJAS FRENTE A LA ENERGÍA HIDROELÉCTRICA CONVENCIONAL.

- **No requieren de un importante desarrollo de la infraestructura**, por lo que no conlleva tanto tiempo de construcción y la **inversión es menor** ya que hay más lugares aptos para instalar estas centrales en condiciones económicas.

- **No necesitan de la construcción de importantes presas ni de grandes embalses**, por lo que apenas ocasionan efectos perjudiciales sobre el entorno. No provoca pérdida de terrenos ni la desaparición bajo las aguas de poblaciones y ecosistemas enteros.

- **Indicadas para instalarse en cualquier curso de agua**, ya sea en zonas de escasos recursos hídricos, ya que pueden turbinarse aguas requeridas para otros usos, como las destinadas para abastecimiento de las poblaciones, ganadería y agricultura, como en sistemas en los que se dispersa parte del agua en la salida para poder regular el caudal: acueductos de agua industrial y potable, canales de reflujo para desbordamientos de caudal, etc.

- Pueden **construirse cerca de los centros de consumo o de los usuarios**, por lo que no obliga a la ejecución de líneas de transporte, así que la inversión no se verá encarecida, no se ocasionarán pérdidas de energía ni un mayor impacto ambiental.



INCONVENIENTES

- Pese a que frente a otras instalaciones los costes son bastante menores, su **construcción y puesta en marcha también requieren de inversiones** importantes, siendo fundamental la iniciativa pública.

- Pueden ocasionar impactos negativos sobre el medioambiente, ya que **modifican el hábitat ecológico de la vegetación del entorno, de los peces y demás especies que viven en el agua**, por lo que se debe prestar especial atención al caudal ecológico del curso utilizado para la producción eléctrica, para conservar el ecosistema fluvial y evitar alteraciones en la flora y fauna del entorno. Sin embargo, actualmente, con la experiencia y la aprobación de legislación más exigente, se han desarrollado métodos cada vez menos impactantes para el medio ambiente.

- **Depende directamente de las condiciones climáticas**, por lo que su aplicación puede resultar inviable en determinados períodos de sequía.

- **Dificultad de prever la producción de energía que serán capaces de generar las instalaciones**, ya que, como se ha mencionado, dependen del caudal disponible en los ríos en cada momento.

Sin embargo, y pese a estos inconvenientes, en líneas generales los beneficios de las centrales hidroeléctricas son mayores que sus desventajas, porque es una energía limpia, autóctona y renovable.

Además, con la energía minihidráulica y la implantación de las pequeñas centrales, obtenemos una energía aún más beneficiosa, ya que se consigue reducir, en gran parte, el impacto ambiental, que es el inconveniente más importante que ocasionan. Pese a esto, hay que seguir teniendo en cuenta que se debe mantener el caudal ecológico en todo momento y promover medidas que protejan la fauna y la flora.



6. DISEÑO DE MINICENTRALES

6.1. Introducción.

El diseño de un aprovechamiento hidroeléctrico se compone de un proceso complicado e iterativo, que requiere realizar investigaciones y elaborar diversos estudios, que nos permitan comparar los diferentes esquemas tecnológicos posibles, para terminar, escogiendo la alternativa que más ventajas ofrezca desde el punto de vista técnico-económico.

Las posibles soluciones también están determinadas, además de por los factores que ya se han mencionados, por la topografía que tenga el terreno y por la sensibilidad ambiental de la zona, ya que hay que tener en cuenta el posible impacto producido, tanto ambiental como social.

Así pues, aunque es complejo realizar una guía metodológica para la valoración de un aprovechamiento, sí se pueden indicar los pasos fundamentales que hay que seguir, lo cual es lo que se expone en el presente apartado.

6.2. Aspectos Generales.

Al elaborar las diferentes fases, todas deben ser concebidas como un conjunto coherente, cuyo objetivo común será la construcción de la mejor alternativa.

Primero se realizan los estudios de pre-inversión, que abarcan el inventario, reconocimiento y pre-factibilidad, los cuales nos permiten determinar si existen las condiciones naturales para la instalación de la mini central y las diferentes opciones a estudiar, cuál de ellas es más asequible y cuál dispone de los requerimientos necesarios.

Para el caso de proyectos que presenten situaciones dudosas en la parte técnico-económica, conviene realizar también estudios de factibilidad, en los que se lleva a cabo el prediseño de las obras del proyecto, de forma más concisa, sobre la base de datos más fidedignos, y se realiza la estimación de costos de manera más detallada que en la etapa de prefactibilidad, de tal manera que permita tener una idea más concisa de los recursos financieros que se invierten en el proyecto (Pacheco y Roura, 2005).



MEMORIA

Estudiadas las posibles alternativas se elige la que tenga las mejores expectativas, considerando todas las variables técnicas, económicas y sociales que se presenten en la concretización del proyecto, y tras esto comienza la etapa de diseño. Es aquí donde se dimensionan las diferentes obras de las que consta el proyecto, las cuales deben garantizar los requerimientos de estabilidad, resistencia, larga duración y fácil explotación, con el fin de conseguir un correcto funcionamiento estructural e hidráulico.

Dependiendo de la magnitud de dichas obras, se establece hasta donde deben de llegar los estudios previos a realizar, los cuales serán los de topografía y cartografía, hidrología, geología y geotecnia, que permiten determinar el caudal y el salto de agua o desnivel del que disponemos, así como la correcta y adecuada implantación las obras.

Se debe intentar diseñar proyectos de la forma más sencilla posible, para poder ejecutarlos fácilmente, facilitar la adquisición de elementos como compuertas y rejillas y así hacer que el mantenimiento y operación de la obra sea de fácil control. La parte de dimensionamiento debe ser detallada y se incluirá en el apartado de presupuesto y mediciones:

- Las cantidades y componentes que se emplearán en la construcción de la obra.
- Los precios unitarios de los costes de mano de obra, adquisición y transporte de materiales, alquiler de maquinaria, entre otros.
- Presupuesto total, considerando costos directos e indirectos.

Se deben elaborar también los planos, las especificaciones técnicas y los documentos necesarios para la contratación, así como el cronograma de ejecución de la obra y el estudio del impacto y los factores ambientales que el proyecto puede ocasionar durante y tras la construcción de la obra.

En general, en las centrales hidráulicas que tengan poca potencia, como es el caso de nuestro planteamiento, se requiere menor grado de detalle, mayor factor de seguridad, ya que el grado de incertidumbre y la incidencia de tecnologías no convencionales es mayor, y se sacrificarán determinados márgenes de confiabilidad, eficiencia y vida útil.



6.3. Análisis de Pre-Factibilidad.

Los estudios se realizan analizando poblaciones o zonas con el fin de determinar aquellas en las que se presentan condiciones adecuadas para la instalación de una pequeña central hidroeléctrica (Mora y Hurtado, 2004).

6.3.1. Inventario.

Una labor muy importante al realizar los estudios de una pequeña central hidroeléctrica, es la de realizar visitas a la población y a los lugares en los que se van a situar las obras. Se tiene que tener en cuenta que en muchos casos no será posible utilizar cartas topográficas ni fotografías aéreas, ya sea porque no se dispone de esta información ni existe la posibilidad de obtenerla, o porque son proyectos muy concretos y limitados a zonas de pequeña extensión.

En esta etapa se realiza esta inspección del área en el cual se quiere emplazar el aprovechamiento, para determinar el potencial teórico o bruto que posee la zona y estudiar la posibilidad de implementar una minicentral. Esta observación tendrá que hacerse en un área lo bastante grande como para que permita tener una idea global del uso del recurso hidroenergético en la zona.

6.3.2. Reconocimiento.

Una vez se ha encontrado e inspeccionado un lugar con un potencial teórico que nos pueda servir para la instalación del aprovechamiento deseado, debemos realizar un reconocimiento con más profundidad del sitio para establecer los caudales disponibles, así como los saltos geodésicos existentes y los lugares de emplazamiento más adecuados, para así establecer el sitio más óptimo para su instalación. Esta exploración servirá también para la valoración de factores no encontrados en el estudio preliminar de inventario y una primera evaluación de problemas constructivos.

Además de realizar estas determinaciones, se aprovechará la visita para obtener información respecto a necesidades de energía eléctrica, valorando la demanda actual, la misma que permitirá una orientación sobre las costumbres de la población en el uso de la energía, así como las condiciones sociales y de desarrollo integral de la zona.



6.3.3. Pre-factibilidad.

En esta parte del estudio, se debe efectuar un dimensionamiento aproximado de las obras civiles necesarias y de los aparatos y componentes electromecánicos de los que constara la minicentral, conforme a las características energéticas apropiadas y realizando una estimación aproximada de costes, para así poder determinar en mejor medida la viabilidad del proyecto.

Los estudios de prefactibilidad permiten minimizar las opciones de obtener conclusiones desfavorables durante los estudios de factibilidad, da impulso a llevar a cabo el o los proyectos que se estén estudiando, o da pie a que se terminen las investigaciones, si éstos no muestran las condiciones más favorables (Palacios, 2009).

Esta etapa es imprescindible efectuar un reconocimiento lo más minucioso posible del lugar a fin de especificar el lugar más adecuado para la ubicación de las diferentes obras del proyecto. Esto ocasiona, en la mayoría de los casos, que se deba ratificar o modificar el supuesto preliminar y la configuración conceptual del proyecto, llegando así al diseño óptimo y permitiendo realizar la estimación de costos con un mayor nivel de confiabilidad.



6.4. Estudios Previos

A la hora de plantear la realización de un aprovechamiento hidroeléctrico son fundamentales dos requerimientos, como se ha mencionado anteriormente, ya sea para una central de generación a gran escala o para una pequeña central hidroeléctrica de menor potencia. Estas necesidades son, por tanto:

-Disponer de un caudal de agua: Se necesita un caudal de agua constante para garantizar la continuidad de funcionamiento de la mini central, este caudal va a ser el que nos va a proveer de la energía primaria para el movimiento de la turbina de la planta de generación hidroeléctrica.

-Disponer de un salto geodésico: El salto geodésico es el desnivel en el cauce del caudal de agua, en el salto geodésico se produce la energía cinética del agua, energía que es aprovechada por las turbinas para generar el movimiento en el generador.

Tras los estudios de pre-factibilidad, se tendrá una idea global de las disposiciones que nos concede la zona, pero a la hora de realizar y determinar concretamente el diseño del aprovechamiento, es necesario conocer de forma precisa estas capacidades.

Para ello se realizan los diferentes estudios previos, que a continuación se exponen, que nos permiten recopilar la información necesaria para establecer el caudal y el salto de los que cuenta la zona en la que se va a realizar la instalación del aprovechamiento.

6.4.1. Estudio Cartográfico.

Para la elaboración de este estudio se debe de recoger la información cartográfica del área en el que se va a realizar el proyecto, atendiendo a estudios regionales y acudiendo al Instituto Geográfico Nacional (www.ign.es).

En los planos cartográficos se localiza la información topográfica y geológica, así como la ubicación de la zona, las vías de acceso, la vegetación, los ríos, y las curvas de nivel. Según la región en la que esté ubicado el proyecto, se conseguirá o no encontrar planos en pequeñas escalas para poder trabajar con precisión y al detalle, pero todo el territorio nacional se puede encontrar en escalas relativamente grandes en el centro de descargas del ya mencionado Instituto Geográfico Nacional (IGN) (www.centrodedescargas.cnig.es)

MEMORIA

También se dispone de fotografías aéreas que permiten realizar un análisis más riguroso de la zona. Hoy en día estas fotografías pueden ser vistas en relieve gracias a la fotogrametría, que, mediante la unión de dos fotografías de una misma área tomadas desde dos puntos distintos, dan la impresión de relieve bajo un estereoscopio, y facilitan la realización de los estudios y planos cartográficos (Bravo, 2000).

Es sobre estos planos (Figura 14) sobre los que se determina el perfil de la caída o desnivel disponible para el aprovechamiento, el salto bruto, así como la ubicación de las obras civiles necesarias en el terreno.

Esta determinación se verá facilitada si los planos que se tengan a disposición permiten elaborar un modelo digital de elevación (MDT) con el que se apreciará más claramente el relieve (Felicísimo, 1999).

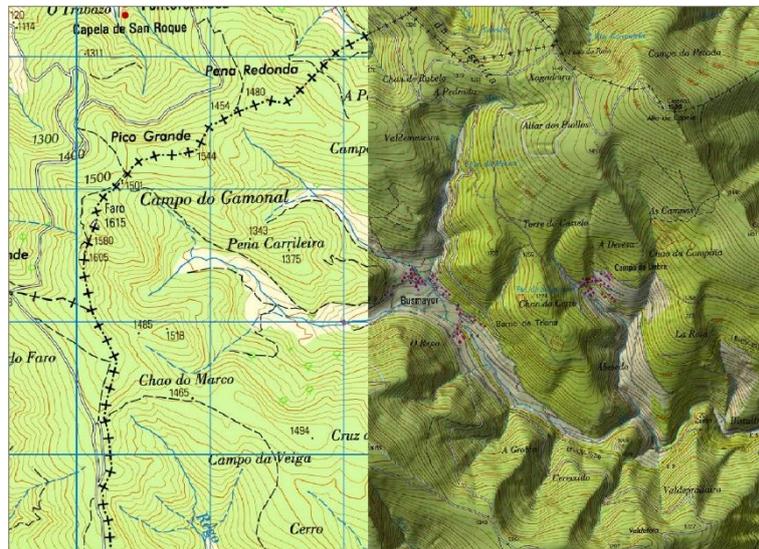


Figura 14: Hoja nº 157 del MTN50 y MTN25, con y sin sombreado tridimensional (Valcarce, 2015)

No obstante, la información contenida en estos planos cartográficos se debe confirmar realizando una exploración de campo, para hacer levantamientos adicionales en el caso de que fuese necesario, y de esta forma establecer si hay algo que deba modificarse en el diseño o en la ubicación de las obras civiles y de las rutas de conducción.



6.4.2. Estudio Geotécnico.

Es esencial llevar a cabo una evaluación geológica y geomorfológica del área en el que se va a realizar el proyecto, ya que el origen geológico de los materiales del suelo establece sus características físicas, por lo que se debe conocer lo mejor posible la composición y calidad de dicho terreno y así definir el lugar óptimo para la edificación de las obras civiles, su cimentación y el material disponible para su construcción, que debe ser en lo posible, extraíble en la zona del proyecto (Fletcher, 1988).

El Geomorfología estudia las formas de la superficie de la tierra en su aspecto físico y los procesos que la modifican ya que afecta directamente a la geología y, por tanto, a la calidad y propiedades del terreno. Es importante también, llevar a cabo una evaluación geomorfológica ya que los procesos constructivos ocasionan modificaciones sobre el terreno, ya sea por deterioro o creando accidentes orográficos nuevos.

MÉTODOS PARA LA INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA

Para el desarrollo de estas valoraciones se utilizan fotos o mapas geomorfológicos, recogidos por el Instituto Geológico y Minero de España (www.igme.es), se realizan observaciones de campo, se recopila información de la región, y en ocasiones, de acuerdo a las necesidades constructivas, estudios específicos del área.

Con el fin de clasificar de forma detallada el suelo, se toman muestras representativas de la zona de estudio separadas de forma constante. Se establece así, no solo la calidad del material, sino también la cantidad presente en el área de estudio. A estas muestras se les realizan diferentes estudios y ensayos, ya sea in-situ o en laboratorio, para determinar sus características físicas y mecánicas de acuerdo a las necesidades de la obra a realizar.

El estudio y la toma de muestras se realiza por medio de los distintos métodos de investigación geológica, como son la realización de sondeos y excavaciones, así como mediante pozos de inspección (Foster, Lawrence y Morris, 1998).

TIPOS DE SUELOS

-Los puntos en los que no existan barreras de contención naturales, como en las orillas del río, presentan materiales poco consolidados, con baja resistencia y alta permeabilidad.

-En lugares con poca vegetación, las épocas de lluvias producen gran erosión, lo cual ocasiona una considerable sedimentación en muy poco tiempo.



MEMORIA

- Los bancos de arena, los fragmentos de piedra y las rocas fracturadas en sentidos diferentes a los del curso de agua son muy permeables, lo que aumenta la posibilidad de fugas de agua.

- Los terrenos formados por residuos vegetales o arcillas orgánicas se comprimen muy fácilmente, por lo que debe evitarse su uso para construcción y para extracción de materiales de construcción.

MATERIALES NATURALES DE CONSTRUCCIÓN.

- Las arcillas y los limos son materiales plásticos que están formados por sílices y alúminas que contienen partículas muy finas, con un espesor menor a 0.005mm. Se pueden utilizar para la ejecución de diques, presas de desviación en tierra, vertederos y núcleos para presas de desviación de materiales sueltos (enrocado y piedra).

- Las arenas son partículas disgregadas de roca, que constan de granos semirredondos de diámetros entre 0.005mm y 4.8mm. Son usadas como agregado fino para el concreto.

- Los cascajos y las gravas son fragmentos de piedra que componen el lecho del río, y que son utilizados como agregado grueso del concreto y para la construcción de enrocados.

- Las rocas son materiales de piedra pura que tienen un diámetro mayor a 100mm y se usan en obras de protección en la margen del río.

6.4.3. Estudio Hidrológico.

Para llevar a cabo de forma correcta el proyecto de un aprovechamiento, es fundamental conocer el régimen de caudales del río, en la zona próxima a la toma de agua, para calcular el caudal de diseño adecuado y definir el equipamiento a instalar, de manera que la energía producida sea la máxima posible en función de la hidrología.

Las estaciones de aforo son las responsables de realizar esta medición y registro de los caudales instantáneos que circulan por el tramo del río donde están ubicadas. A partir de esta recopilación se determinan los caudales máximos, medios y mínimos diarios correspondientes a un gran número de años, con los que se elaboran series temporales agrupadas por años hidrológicos.

MEMORIA

La obtención de estos datos de caudales de las estaciones de aforo, puede hacerse a través de los Organismos de cuenca o en el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), organismo autónomo adscrito orgánicamente al Ministerio de Fomento y funcionalmente a los Ministerios de Fomento y Medio Ambiente. En España hay una amplia red de estaciones de aforo, que nos suministran datos sobre los caudales de un gran número de ríos durante un significativo número de años.

El primer paso de un estudio hidrológico es realizar la recopilación de las series hidrológicas, en función de la ubicación del futuro aprovechamiento, de las estaciones de aforo existentes en la zona de implantación de la central, con los datos de caudales medios diarios (Heras,1970).

Sin embargo, hay ocasiones en las que no existe ninguna estación de aforo en la cuenca, o próxima a la zona en la que se va a situar el aprovechamiento, o se ubica en zonas pequeñas o aisladas en las que los datos hidrológicos son escasos, y, además, en este tipo de proyectos, muchas veces se necesitan datos de cuentas pequeñas, donde la información existente es aún menor.

Por lo tanto, cuando hay registros pluviométricos, pero no hidrológicos, si no existen series fiables de caudales para el tramo escogido, o cuando no exista información en esa cuenca, pero si en una estación cercana, se tienen que recurrir a la hidrología, que recopila y analiza las series de datos pluviométricos existentes, permitiendo obtener los caudales máximos, medios y mínimos utilizando hidrogramas, (Figura 15) proporcionados por simulaciones hidrológicas, en función de las características fisiográficas de la cuenca de captación, la intensidad de las precipitaciones y los valores de evapo-transpiración (Vide, 1996; Davila y Villanueva, 2010).

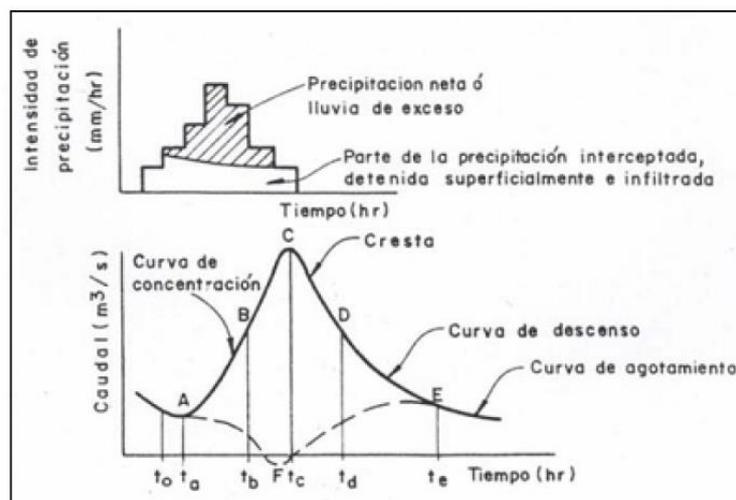


Figura 15: Ejemplo de Hidrograma de crecida. (Monsalve, 1999)



Esta información se tiene que corregir, en el caso de que existan períodos en los que falten datos o en el caso de que no exista ningún registro de aportaciones, aplicando métodos de correlación de cuencas, para lo que hay que determinar anteriormente las características físicas de la cuenca a estudiar, principalmente la superficie y los índices que definen la forma y el relieve de esa superficie. A continuación, se relacionan las aportaciones de ambas cuencas en función de las precipitaciones, superficies y coeficientes de escorrentía, teniendo en cuenta los índices de compacidad y de pendiente. Con esta relación se obtiene un factor corrector que permite obtener las aportaciones y caudales de la cuenca estudiada en función de los datos de una cuenca semejante (López, González y Goyret, 1994).

Estos datos, además, conviene completarlos con medidas directas del caudal en una sección del río a lo largo de al menos un año, siguiendo uno o varios métodos, como puede ser mediante la medida de la sección transversal y de la velocidad media con un molinete, medida directa del caudal por la dilución de un sólido en la corriente, mediante un aliviadero o por medio de la pendiente de la lámina de agua utilizando las fórmulas pertinentes.

6.4.3.1. Caudal ecológico o caudal reservado

Este tema cada vez más crítico, del caudal ecológico o reservado se estudia de forma más detallada en el “Estudio de Impacto Ambiental” elaborado para el ejemplo propuesto.

La autorización para la derivación y aprovechamiento de un caudal de agua, siempre va asociada al compromiso de mantener un cierto caudal reservado en el tramo de río situado entre la toma de agua y la restitución de esta al cauce. De esta forma se evita que, en dicho tramo cortocircuitado, se produzcan efectos dañinos para el medio ambiente, perjudicando a su ecosistema y a la fauna piscícola.

Existen diferentes métodos que permiten establecer el valor de este caudal, de forma que se garantice la vida piscícola, sin penalizar excesivamente la generación de energía. En grandes líneas, se pueden clasificar en dos grupos:

- Métodos hidrológicos, que utilizan fáciles y rápidas fórmulas empíricas de aplicación o porcentajes fijos, basados en el análisis de datos históricos de caudales (Mas, 2005; Diez, 2011).

- Métodos hidrobiológicos, que se basan en datos de campo hidráulicos y bióticos para cada río en particular (Tennant, 1976; White, 1976; Bovee y Milhous, 1978; Stalnaker, 1979; Bovee 1986; García de Jalón, 1990 y García de Jalón y del Tánago, 1998).

6.4.3.2. Curva de caudales clasificados (CCC):

Una vez obtenidos los datos necesarios, ya sea de forma teórica, medida directa o con datos reales de caudales de las estaciones de aforo, en todo estudio hidrológico se obtendrá una serie anual lo suficientemente grande que nos permita realizar una distribución estadística que nos tipifique los años en función de la aportación registrada: años muy secos, secos, medios, húmedos y muy húmedos, y a partir de estos determinar el año representativo, con el que se procede a realizar los cálculos del caudal de diseño (Llamas, 1993).

Una vez establecido el año representativo se elabora la curva de caudales clasificados (Figura 16), que nos proporcionará el caudal disponible en la toma en función de los días del año en que se supera dicho valor, así como información gráfica provechosa sobre el volumen de agua existente, el volumen turbinado y el volumen vertido por servidumbre, mínimo técnico o caudal ecológico.

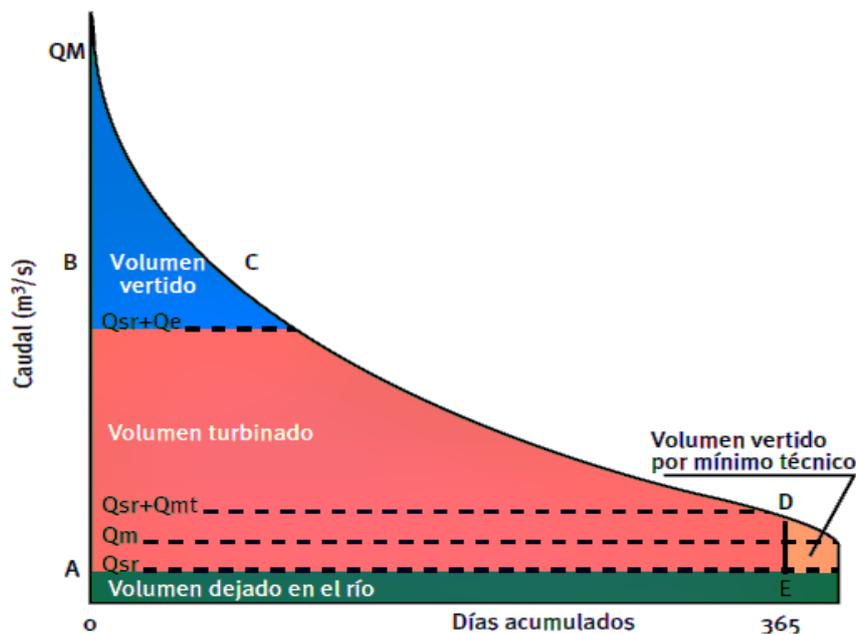


Figura 16: Ejemplo Curva de Caudales Clasificados (IDAE, 2006)

Siendo:

QM: Caudal máximo alcanzado en el año o caudal de crecida.

Qm: Caudal mínimo del año o estiaje.



MEMORIA

Qsr: Caudal de servidumbre que se debe de dejar en el río por su cauce normal. Incluye el caudal ecológico y el necesario para otros usos. El caudal ecológico lo fija el Organismo de cuenca, si no se conociera, una primera estimación aceptada es considerarlo igual al 10% del caudal medio interanual (Díez, 2011).

Qmt: Caudal mínimo técnico. Es aquel directamente proporcional al caudal de equipamiento con un factor de proporcionalidad “K” que depende del tipo de turbina que elijamos:

$$Q_{mt} = K * Q_e$$

Para una primera aproximación, se tomarán los siguientes valores de “K”:

- para turbinas PELTON: $k = 0,10$
- para turbinas KAPLAN: $k = 0,25$
- para turbinas SEMIKAPLAN $k = 0,40$
- para turbinas FRANCIS $k = 0,40$

El caudal de equipamiento Q_e se elegirá de manera que el volumen de agua turbinado sea el máximo posible, es decir, que el área rosada que se observa en la Figura 16, encerrada por los puntos A, B, C, D y E, sea máxima.

Otra manera de calcularlo es, una vez descontado el caudal de servidumbre a la curva de caudales clasificados, se elige el caudal de equipamiento considerando el intervalo de la curva comprendido entre el Q_{80} y el Q_{100} , siendo el Q_{80} el caudal que circula por el río durante 80 días al año y el Q_{100} el que circula durante 100 días al año.

A veces este caudal de equipamiento elegido no es el que proporciona mayor producción, ya que se debe de tener en cuenta otros factores como pueden ser: la inversión necesaria, instalaciones ya existentes que condicionan el caudal a derivar (por ejemplo, canales, túneles, etc.) ya que puede ocurrir que la diferencia de kWh generados de una a otra variante, no compense el incremento de inversión que hay que realizar.

6.4.4. Estudio Topográfico.

El estudio topográfico complementa el estudio cartográfico, y nos permite tener en detalle algunas de las características del lugar donde se realizará el proyecto, para su adecuado estudio y diseño.

Una de las características que se debe de concretar de la mejor manera posible, por ser de gran importancia y fundamental en el diseño de un aprovechamiento y en la potencia que vaya a producir este, es la determinación del salto de agua o desnivel geodésico disponible, como ya se ha mencionado anteriormente.

El salto geodésico es el desnivel que tiene el cauce del río aprovechado, y es el responsable de producir la energía cinética del agua, energía que es aprovechada por las turbinas, que la transforman en mecánica para generar el movimiento en el generador. Este puede existir de forma natural o puede generarse artificialmente, pero siempre deberá ser el máximo permitido por la topografía del terreno, teniendo en cuenta los límites que marcan la afección al medio ambiente y la viabilidad económica de la inversión.

A continuación, se muestran los diferentes saltos de agua que encontramos en un aprovechamiento:

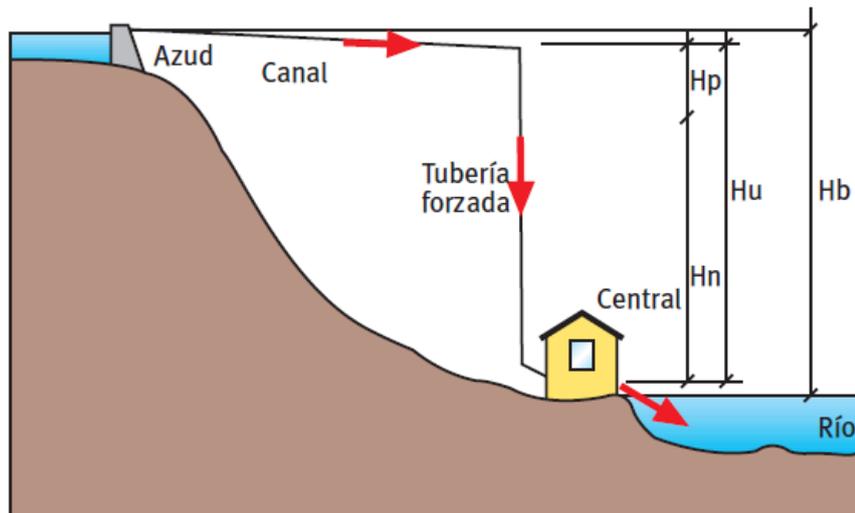


Figura 17: Esquema de los saltos existentes (IDAE, 2006)



Siendo:

Salto bruto (H_b): Altura que hay entre el punto de la toma de agua del azud y el punto de descarga del caudal turbinado al río.

Salto útil (H_u): Desnivel existente entre la superficie libre del agua en la cámara de carga y el nivel de desagüe en la turbina.

Salto neto (H_n): Es la máxima energía que se podrá transformar en trabajo en el eje de la turbina. Se calcula como la diferencia entre el salto útil y las pérdidas de carga producidas a lo largo de todas las conducciones.

Pérdidas de carga (H_p): Son las pérdidas que se producen por fricción del agua contra las paredes del canal y sobre todo en la tubería forzada, más las pérdidas ocasionadas por turbulencia, al cambiar de dirección el flujo, al pasar a través de una rejilla o de una válvula, etc. Se miden como pérdidas de presión (o altura de salto) y se calculan mediante fórmulas derivadas de la dinámica de fluidos, las cuales se exponen más adelante (capítulo 6.6), aunque también se puede suponer que son del orden del 5% al 10% del salto bruto.

El salto que se estimará será el salto bruto, que, en una primera aproximación, se puede determinar mediante un plano topográfico (Bravo, 2000). El útil que será el que nos condicione el diseño del aprovechamiento y el equipamiento de la central, se calcula aplicando las pérdidas de carga.

No obstante, para una determinación más precisa y exacta sería necesario realizar un levantamiento topográfico de la zona, pero para la medida del salto bruto de forma más sencilla, se puede realizar mediante diferentes métodos, que a continuación se explican.

MÉTODO DEL NIVEL CON MANGUERA.

En este método se usa una manguera llena de agua que se extiende entre los dos puntos entre los que se quiere calcular la diferencia de altura (Figura 18) y unas escalas. Se lee midiendo la diferencia entre los niveles de agua en la manguera en ambos puntos (H_x) con la ayuda de las escalas. La altura total del aprovechamiento será la suma de las diferencias de nivel existentes entre la casa de máquinas y el tanque de presión.

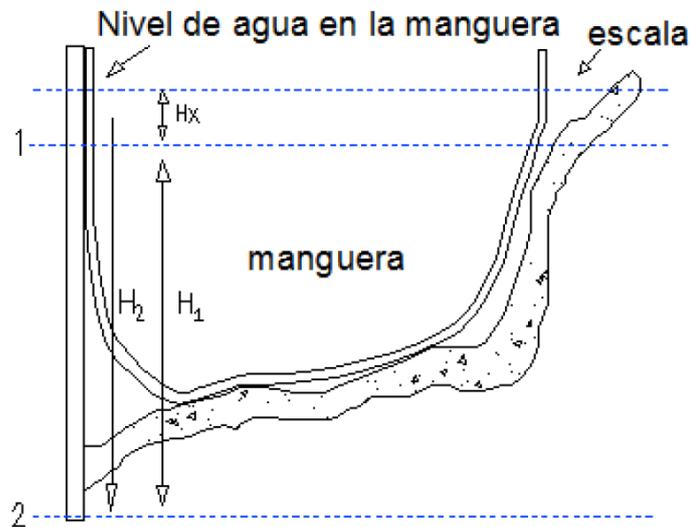


Figura 18: Método medida del nivel con manguera (Ortiz, 2001).

MÉTODO DEL NIVEL DE CARPINTERO.

Este método es parecido al método de la manguera. Se usan también dos escalas en los puntos a comparar, pero en este caso se requiere de un nivel de carpintero y una regla o un hilo. Para determinar la altura, se colocan las escalas en forma perpendicular y la regla de forma horizontal, luego el nivel se ubica sobre la regla (Figura 19), verificando la horizontalidad, y se mide la altura del punto más alto sobre el otro punto (h_x). El salto se calcula por suma igual que en el método anterior.

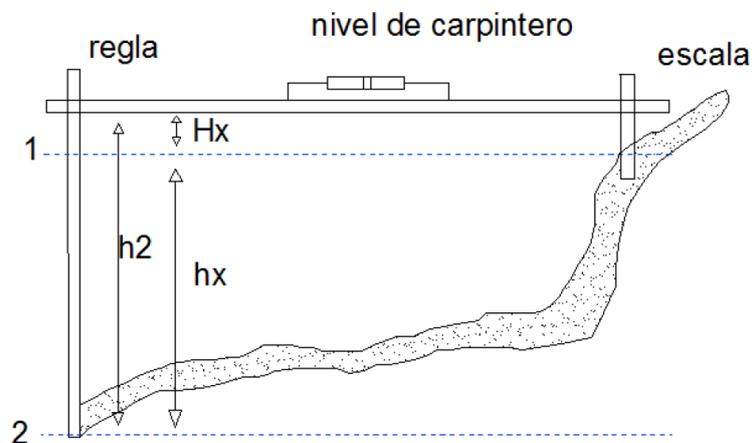


Figura 19: Método del nivel de carpintero (Ortiz, 2001).

MÉTODO DEL CLINÓMETRO.

Este método resulta el más sencillo de realizar, pero requiere de algunos cálculos matemáticos para determinar la altura entre los puntos 1 y 2 (Figura 20). Se requiere conocer ciertos parámetros como son los valores de las escalas de apoyo, en este caso H_1 y H_2 , los ángulos θ_1 y θ_2 y la distancia L_x , que es la longitud entre los puntos 1 y 2, conocido estos datos se calcula la altura de la siguiente manera:

En los dos puntos a comparar se ponen transportadores ubicados sobre una horizontal, con la ayuda del nivel de carpintero. Utilizando un hilo tensado entre los dos puntos, se traza un triángulo recto, siendo el hilo la hipotenusa.

Conociendo la longitud de la hipotenusa (L_x), y los ángulos del triángulo, trigonométricamente con la fórmula del seno, obtenemos la longitud del cateto vertical del triángulo, siendo ésta la diferencia de altura entre los dos puntos (H_x).

$$\text{Sen } \vartheta = H_x / L_x$$

En caso de que la distancia sea muy grande para usar un hilo, se utiliza un nivel Abney, con el cual por medio de una mira se establece el ángulo y la longitud de la hipotenusa del triángulo supuesto.

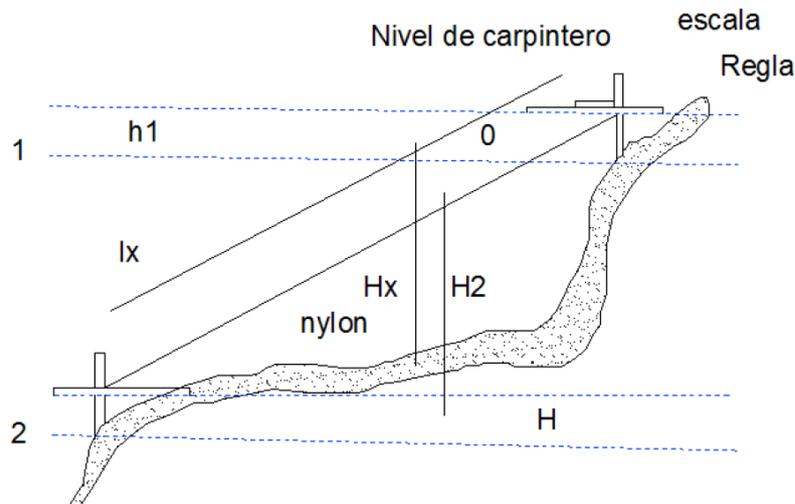


Figura 20: Método del clinómetro (Ortiz, 2001).

MÉTODO DEL BARÓMETRO.

Este método se basa en que la presión atmosférica varía de forma inversamente proporcional a la altura sobre el nivel del mar, así en función de la presión en un determinado lugar, se puede determinar su altura. Por lo tanto, si se conoce la diferencia de presión entre 2 puntos, se pueden determinar la diferencia de niveles existentes.

Generalmente se utiliza un barómetro anerode (Figura 21), el cual mide la presión que ejerce el aire sobre un depósito cerrado, que, al comprimirse, tira de una cadena que pasa por un engranaje y mueve una aguja sobre una escala.

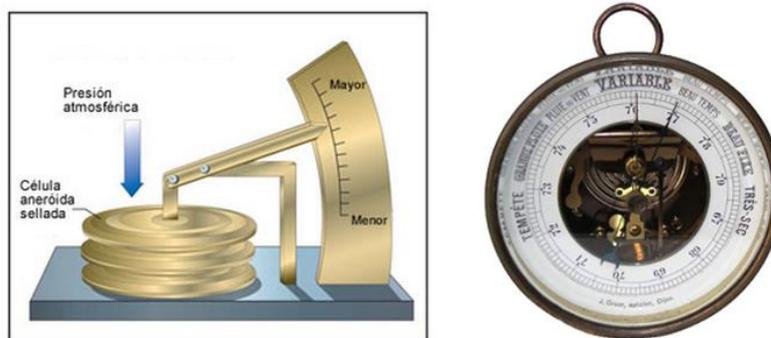


Figura 21: Barómetros aneroides (Tomás, 2015).

También se podrían utilizar barómetros de mercurio (Figura 22), que aplica el principio de Torricelli, que mide la presión atmosférica usando una columna de mercurio, pero es muy delicado como para transportarlo de punto a punto.

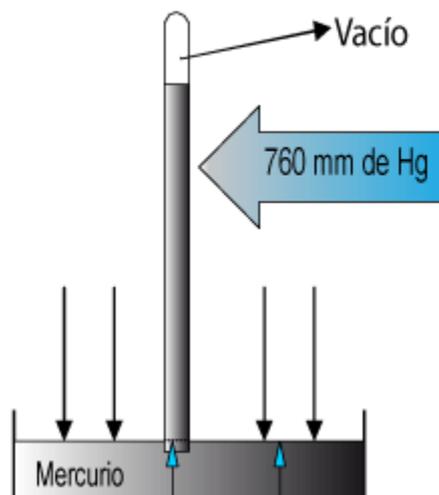


Figura 22: Esquema barómetro Torricelli (Díez, 2015)



MEMORIA

Cuando se dispone de un solo barómetro se realiza de la siguiente manera:

Se realiza una lectura inicial en un punto de altura conocida y se anota la hora en que se hizo la observación y la temperatura que indica el termómetro en ese momento. Luego se lleva el instrumento a los otros puntos, cuya cota se desea conocer, y en cada uno de ellos se anota la lectura del barómetro, la hora y la temperatura. Tras esto, se regresa inmediatamente al punto de partida y de nuevo se hace la lectura, registrando la hora y la temperatura.

Los cambios en las condiciones atmosféricas, de temperatura y humedad relativa, hacen que la lectura del barómetro tomada inicialmente, no concuerde con la segunda lectura del mismo punto.

Se supone que las condiciones atmosféricas varían gradualmente durante el lapso de tiempo comprendida entre la altura inicial y la final, y se determina el factor de corrección de cada punto de acuerdo a la hora en que se tomó la lectura, y a la temperatura registrada en ese momento.

Este método es inexacto por esta variación, de temperatura y humedad relativa, que condiciona la presión atmosférica, y porque los barómetros usados tienen un margen de error de 1 metro de altura. Este método es adecuado para medir la caída bruta y mejor en grandes saltos, o para tener una aproximación de las diferencias de nivel.

Cuando se dispone de dos barómetros, la medida se efectúa así:

Se deja un barómetro en un punto inicial y se toman lecturas, anotando también la temperatura y la hora, cada 10 minutos. El otro barómetro se traslada a cada punto a medir, tomando con su lectura la hora y la temperatura.

Los datos obtenidos por los dos barómetros se interpolan y rectifican, mediante el factor de corrección entre los dos barómetros y de las diferentes temperaturas, para tener una serie de datos más precisa.



MÉTODO DEL PROFUNDÍMETRO.

Es un método sencillo de medida de presión. Requiere de un tubo de plástico o manguera con un profundímetro al final y en la cual se encuentra una columna de agua. Se extiende entre los puntos a comparar y el profundímetro indica la presión ejercida por el agua en la columna en su equivalente en metros usando la siguiente conversión:

$$H = p/9.8$$

Donde

p: es la presión de la columna de agua (Kpa)

H: es la caída (m)

MÉTODO DEL GPS.

En la actualidad, el método del GPS (Figura 23) es el más adecuado y preciso para realizar las mediciones de alturas necesarias, ya que este método indica la posición de una persona o lugar mediante la triangulación de los satélites.

Es necesario realizar varias mediciones para de ahí sacar un valor medio de la altura medida y así reducir el margen de error.



Figura 23: Medida del nivel mediante GPS

6.5. Elementos de una mini-central hidroeléctrica.

Las pequeñas centrales están constituidas por diferentes componentes y equipos (Figura 24), que pueden clasificarse en tres grandes grupos:

- Obra civil
- Equipamiento electromecánico
- Equipos auxiliares.

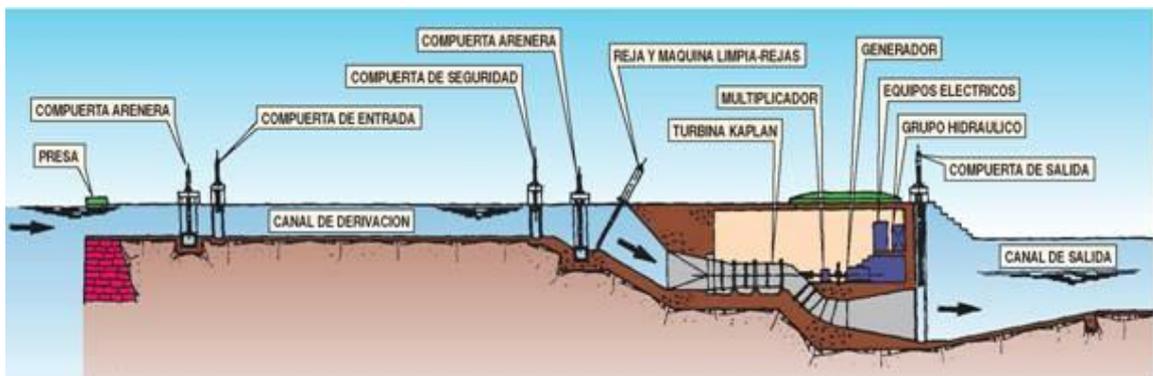


Figura 24: Disposición y componentes de pequeños centrales (EVE, 1995)

6.5.1. Obra civil.

La obra civil comprende las infraestructuras e instalaciones necesarias para derivar, trasladar y devolver el agua turbinada al cauce, así como para alojar a los equipos electromecánicos y al sistema eléctrico general y de control.

Los trabajos de construcción de una pequeña central hidroeléctrica son mucho menores que en las grandes centrales hidroeléctricas, y según la elección de sus componentes, sus impactos sobre el medio ambiente pueden ser minimizados. Además, hoy en día las medidas correctoras necesarias para reducir el impacto producido cuentan con un gran desarrollo.

Dentro de la obra civil encontramos los azudes y presas, aliviaderos, obras de toma, canal de derivación, desarenadores, cámara de carga, tubería forzada, edificio y canal de salida.

6.5.1.1. Azudes y presas

Son las obras que se construyen de forma transversal al río, en el propio curso del agua, para la retención de esta y su fácil desviación hacia el punto de toma del caudal. Tiene por objetivo captar y acumular una parte del caudal del río para facilitar su ingreso en la bocatoma y su posterior conducción hacia la mini central.

La obra que se lleva a cabo para provocar una retención en el cauce de un río puede ser de dos tipos:

AZUD

Como ya se ha explicado, se trata de un muro transversal al curso del río, de poca altura, que provoca un remanso de agua sin llegar a producir una elevación notable del nivel. Su objetivo es derivar parte del caudal del río hacia la toma de la central para facilitar su captación. Aquella parte que no es derivada vierte por el aliviadero y sigue su curso normal por el río.

El azud se puede construir con diferentes tipologías (Figura 25), pudiendo ser de hormigón, ladrillos, escollera o tierra. Resiste al empuje del agua por acción de su propio peso, aunque en los azudes de tierra y escollera se suele colocar un anclaje al terreno con el fin de aumentar su estabilidad.

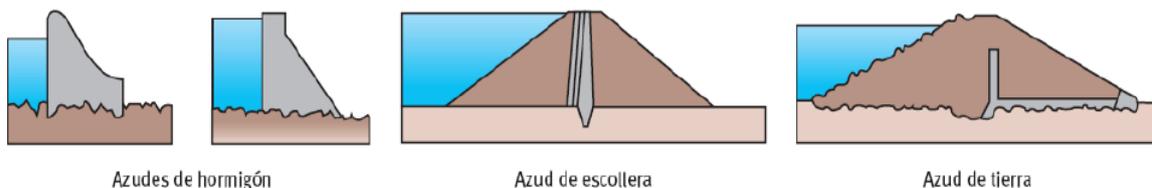


Figura 25: Tipos de Azudes (IDAE, 2006)

PRESA

En este caso el muro que retiene el agua tiene una considerable altura y ocasiona una elevación importante del nivel del río mediante la creación de un embalse, que permitirá regular las aportaciones según el tamaño que tenga.

Según la manera de resistir el empuje hidrostático, existen diferentes tipos de presas (Vallarino, 1997). Algunas, como la presa de contrafuertes o la de bóveda, requieren una mayor complejidad en su construcción, por lo que no suelen ser de aplicación en las mini-centrales, las más comunes con las siguientes:

-Presa de gravedad. Es aquella cuya estabilidad y resistencia frente al empuje del agua dependen de su propio peso y del esfuerzo del terreno sobre el que se asienta. Dentro de este tipo y según el material con el que esté hecha se distinguen en:

Presa de gravedad de tierra o escollera (Figura 26): Suelen tener una gran base y poca altura. No utilizan hormigón y están constituidas normalmente por los materiales propios del terreno donde se asientan. Se emplean en centrales grandes y pequeñas.

Presa de gravedad de Hormigón (Figura 27). Está construida en hormigón y el terreno de soporte tiene que ser muy consistente y resistente.

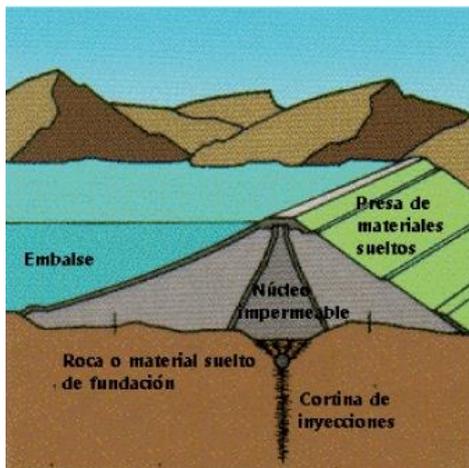


Figura 26: Presa de Gravedad de Materialie sueltos (Navarro, 2015)

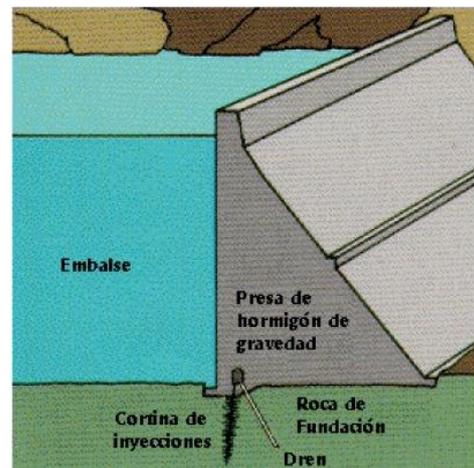


Figura 27: Presa de Gravedad de Hormigón (Navarro, 2015)

- **Presa en arco.** En este tipo de presas, el esfuerzo del empuje del agua se transmite hacia las laderas del valle, de ahí que su forma implique cierta curvatura (Figura 28), con forma convexa desde el punto de vista del embalse.

Suelen situarse en valles estrechos con laderas rocosas de buena calidad resistente. Si se construyen con doble curvatura, tanto en el eje vertical como horizontal, se las denomina presas de Bóveda.

MEMORIA

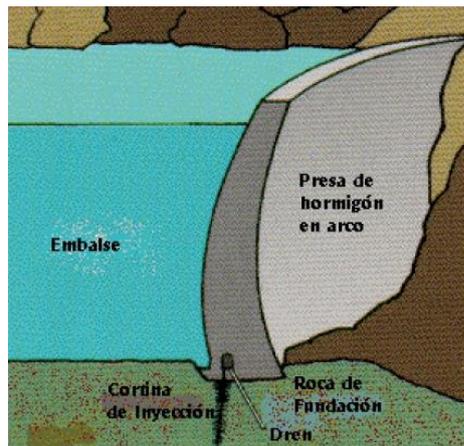


Figura 28: Presa de Arco (Navarro, 2015)

AZUDES Y PRESAS INFLABLES

Para elevaciones de escasa altura de la lámina de agua, existe como opción alternativa, una tercera tipología de azud o presa a utilizar, que serían los azudes y presas inflables (Figura 29), los cuales no requieren realizar una gran labor constructiva.

Consisten en un tubo de material resistente y deformable, que se rellena de agua o de aire a una presión determinada. El sistema de soporte está formado por una base de hormigón a la que se sujeta la parte inferior parcialmente plana del tubo. Cuando el nivel de agua aumenta por encima del de diseño, se desborda pasando por encima de la presa. El peso de la lámina de agua deforma el material y el tubo se aplasta levemente, dejando que el agua pase. Si el caudal continúa subiendo, a determinada altura se abre una válvula y el tubo se vacía, quedando completamente aplastado por el peso del agua sobre él. Cuando los caudales retornen a su valor de diseño, el agua o aire se reinyecta y la presa recupera su forma y funcionamiento normales.

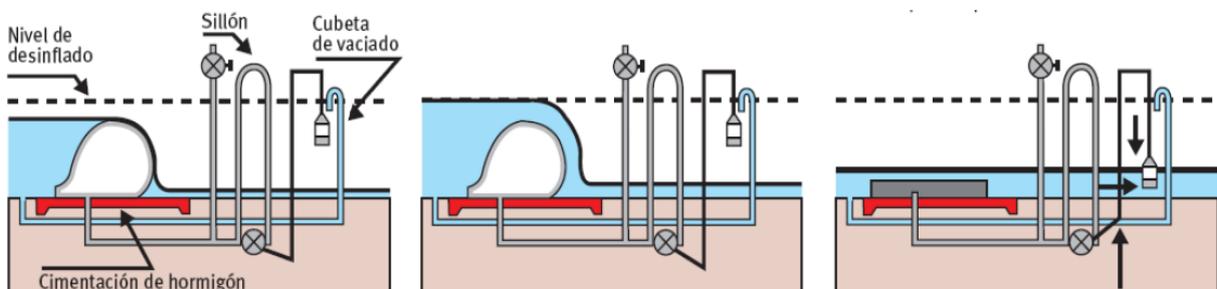


Figura 29: Funcionamiento del azud inflable (IDAE,2006)

6.5.1.2. Aliviaderos, Compuertas y Desagües.

Estos elementos son dispositivos que permiten el paso del agua desde el embalse hasta el cauce del río directamente aguas abajo, y así evitar y afrontar el peligro que podrían causar las avenidas. Estas crecidas pueden ocasionar que el nivel del agua en el embalse supere el máximo permitido, por lo que es preciso poder verter el caudal sobrante sin necesidad de que pase por la central (Lane,1968).

Las compuertas y válvulas tienen una función similar, son elementos encargados, no solo de permitir o no el paso del agua, sino también de regular y controlar los niveles del embalse

LOS ALIVIADEROS DE SUPERFICIE

Está destinado a verter el exceso de caudal cuando este supere la capacidad del azud, represa o canal, así evitaremos el riesgo de desbordes cuando varíen las condiciones normales de funcionamiento del canal.

El aliviadero de uso más habitual es esencialmente un canal abierto con una fuerte pendiente, que permite evacuar el agua a velocidades supercríticas. Pueden ser de pared delgada o pared gruesa con la cresta recta o redondeada, en el capítulo de cálculos hidráulicos 6.6 se presentan sus tipos más detalladamente.



Figura 30: Aliviadero del embalse Portodemouros río Ulla (A Coruña y Pontevedra)

No obstante, cuando el espacio disponible para ubicar el aliviadero viene limitado por la topografía. En esos casos suele recurrirse a los aliviaderos en pico de pato (Figura 31) o en laberinto (Figura 32).



Figura 31: Aliviadero de pico de pato "los cinco dedos" de la central de Laizarán ("De las 1000 escaleras") en Guipúzcoa, España.



Figura 32: Aliviadero de tipo laberinto. (Maqueta elaborada por el CEDEX)

En alguna ocasión, también por limitaciones de espacio, se puede recurrir a los aliviaderos en sifón, basados en los mecanismos de sifón hidráulico tradicionales, pero son más sensibles ya que si están mal diseñados presentarán régimen inestable y dará lugar a problemas asociados a la presión, como puede ser la cavitación, por tratarse de un conducto cerrado y de perfil curvo. También existen los aliviaderos en pozo, siendo poco utilizados en pequeñas centrales.

Algunos de los aliviaderos pueden disponer de diferentes tipos de compuertas o ser estas instaladas a modo de aliviadero, las cuales regulan y controlan el paso del caudal, permitiendo mantener totalmente cerrado el paso del agua, abierto parcialmente o abierto total (Álvarez Martínez y Toledo Municio, 2000).

Según la técnica que emplean se distinguen:

- **Compuertas verticales.** El dispositivo de cierre es un tablero de chapa reforzado que se sube y baja verticalmente guiado por unas ranuras en los pilares contiguos. Cuando el empuje que ocasiona el agua embalsada sobre la compuerta es grande, estas guías sufren un fuerte rozamiento y desgaste, en este caso se utilizan "compuertas vagón", cuyos bordes verticales poseen ruedas con rodamientos que descansan en ambos carriles.

MEMORIA

- **Compuertas de segmento o compuertas Taintor.** Consisten en una estructura metálica con una superficie en forma cilíndrica (Figura 33), que gira alrededor de un eje al que está unido a través de brazos radiales. La apertura se realiza con un movimiento hacia arriba.

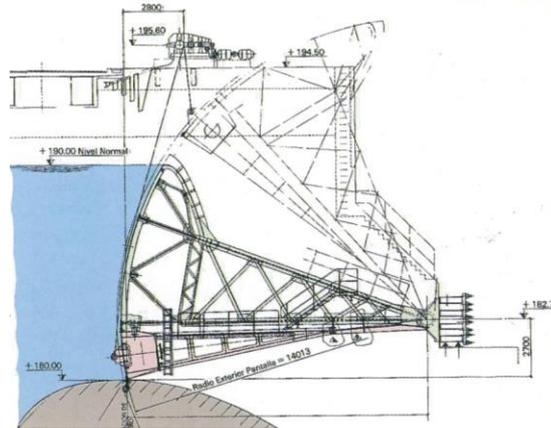


Figura 33: Compuerta de segmento o Taintor (Bioducto, 2015)

- **Compuertas de sector.** Su forma es similar a las compuertas segmento, pero difieren de éstas en el movimiento de apertura, que en este caso es de arriba hacia abajo, dejando libre el paso para que el agua vierta por encima de la compuerta (Figura 34). Esto implica un espacio vacío en el interior de la presa, donde se guarda la compuerta cuando está abierto el paso del agua.

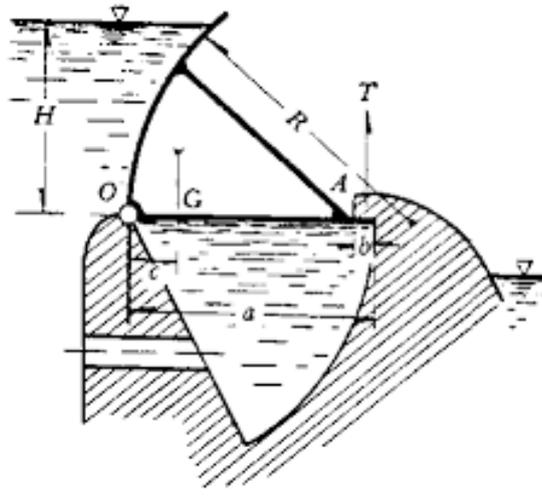


Figura 34: Compuerta de sector (Lane, 1968)

- **Clapeta.** Se denomina así a las compuertas basculantes alrededor de un eje que vierten por arriba (Figura 35). En este caso también se necesita un alojamiento horizontal para la compuerta cuando está abatida.

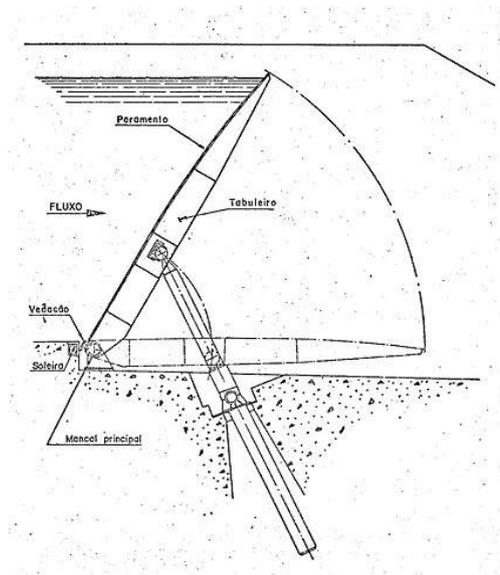


Figura 35: Clapeta (Geymet, 2006)

LOS DESAGÜES DE FONDO O MEDIO FONDO.

De igual manera que los aliviaderos, utilizan las válvulas y las compuertas como elementos de cierre y están diseñados con el mismo fin, solo que, en lugar de verter las aguas por la parte superior, el desagüe se realiza por medio de un conducto situado en el fondo o a medio fondo del azud o presa.

Las válvulas se emplean en instalaciones con caudales moderados o medios. Pueden ser de aguja, mariposa, compuerta o de chorro hueco. La entrada de elementos gruesos en estos conductos supone un problema, que se resuelve con la colocación de unas rejas protectoras en la entrada de la válvula. Estas rejas deben contar a su vez con un dispositivo limpiador que las mantenga libres de cualquier obstrucción.

6.5.1.3. Obras de Captación.

Las obras de captación son las que derivan parte del caudal de agua del río y facilitan su entrada desde el azud o la presa hacia las conducciones que la transportarán hacia la mini central, además de asegurar la confiabilidad del servicio y de la calidad del agua.

Cuando se hace referencia a la calidad de agua, se hace referencia a que estas obras de captación deben tener rejas u obras de filtración, que impidan el paso de sólidos y de peces y así proveer de un caudal con la menor cantidad de sedimentos, que pueden afectar la vida útil de la turbina y todas las partes electromecánicas de la central, para minimizar los costes de operación y mantenimiento. También deben de tener una compuerta de seguridad denominada ataguía, que generalmente permanece abierta, y se cierra únicamente en el caso de alguna emergencia o cuando se va a realizar una reparación o inspección (Suárez Villar, 1989).

Las tomas de agua más frecuentes son las que desvían el caudal hacia un canal abierto, tubería forzada, o cualquier conducción, que se sitúa en la superficie o parte superior del cauce, pero también existen las tomas sumergidas (Figura 36). Estas últimas se realizan mediante un canal excavado transversalmente en el cauce del río, de manera que el agua entra a través de la reja superior que protege esta entrada, y sale transversalmente al curso del río para incorporarse de nuevo al río.

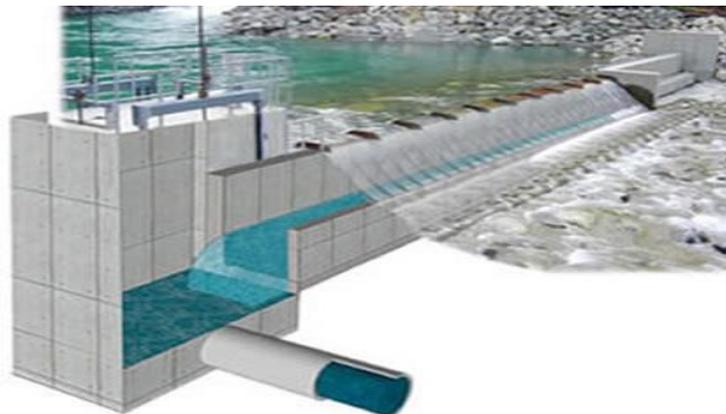


Figura 36: Toma de agua sumergida (Coandascreen, 2015)

La toma de agua sumergida suele utilizarse en centrales de montaña por la sencillez de su construcción, cuando exista una buena cimentación y en cursos de agua con grandes variaciones de caudal en pequeños ríos, además de que provoca un impacto mínimo sobre el medio ambiente.

MEMORIA

En los embalses multiuso construidos para regadíos, suministro de agua potable, regulación de avenidas, etc. la toma de agua puede construirse en forma de torre, con tomas a distinto nivel (Figura 37) para poder extraer el agua a distintas alturas, o utilizando un desagüe de fondo.

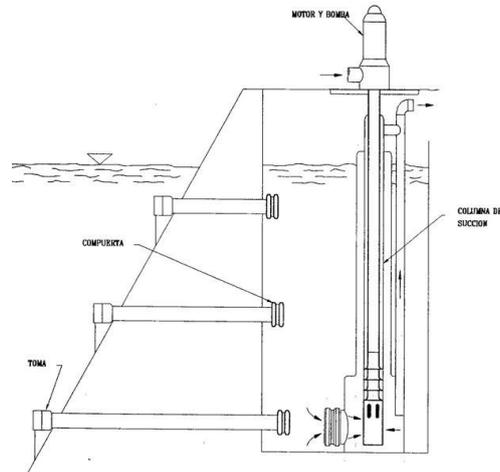


Figura 37: Toma en forma de torre (Civilgeeks, 2015)

También se puede realizar la captación o toma del agua por medio de un mecanismo de sifón, en el supuesto de que exista una toma por turbina (Figura 38), no solicita compuerta, ni a la entrada de la toma ni a la de la turbina, lo que reduce el costo global en un 25% o un 40%, resulta también menos propenso a dejar entrar sedimentos por su disposición. El tiempo de cierre (25 o 30 segundos) por descebado del sifón, es más menor que en las compuertas, propicio si se prevé un embalamiento de la turbina. Otra ventaja es que se puede construir sin realizar trabajos importantes de obra civil. El sifón suele ser de acero, pero donde sea difícil adquirir este material, se puede construir en hormigón, revistiendo de acero solamente la zona de la coronación.

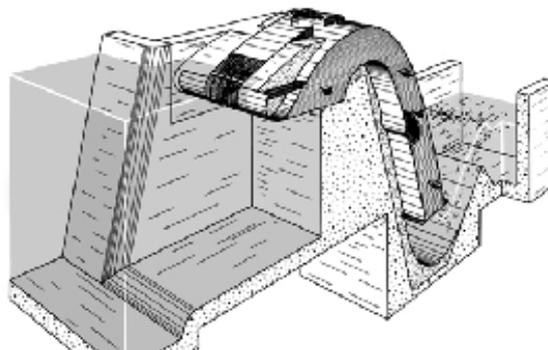


Figura 38: Captación mediante sifón
(Alsintec, 2016)



6.5.1.4. Obras de Conducción.

Son las infraestructuras encargadas de transportar el caudal de agua desde la toma hacia la ubicación de la casa de máquinas, donde estarán situadas las turbinas, así como de restituirlo al cauce tras ser turbinado.

Según el tipo de minicentral que se vaya a construir, se necesita una red mayor o menor de estas conducciones. Las instalaciones situadas a pie de presa, como ya se ha mencionado, no tienen cámara de carga, ya que el embalse realiza sus funciones.

Sin embargo, las centrales de derivación, donde el agua tiene que hacer un recorrido más largo; primero desde la toma a la cámara de carga, y después hasta la turbina, si se requiere de cámara de carga. El primer tramo que recorre el agua se realiza a través de canales, túneles o tuberías. En el segundo tramo hasta la turbina, se utilizan siempre tuberías (Suárez Villar, 1989).

CANALES DE DERIVACIÓN.

Son los canales que transportan el agua desde la toma a la cámara de carga, y pueden realizarse a cielo abierto, enterrados o en conducción a presión.

Las conducciones superficiales pueden construirse excavando el terreno, sobre la propia ladera o mediante estructura de hormigón. Generalmente se construyen sobre la propia ladera, con muy poca pendiente, aproximadamente el 0,5 por mil, para que el agua circule a baja velocidad y así evitar al máximo las pérdidas de carga. Esta velocidad de conducción del agua hacia la turbina, depende también del material del que sea construido el canal y no solo de la pendiente (Martín Vide, 2007).

Al realizar los trazados de estas conducciones, hay que procurar que sigan las líneas de nivel para que el movimiento de tierras sea el mínimo posible, adaptándose al terreno.

A lo largo del canal, dependiendo de su longitud, puede haber varias compuertas para limpieza y vaciado del canal en caso necesario, y al final del canal, antes de la cámara de carga, suelen instalarse otra reja de finos con su correspondiente máquina limpiarejas, así como una compuerta de seguridad.

La sección transversal elegida para el canal, dependerá de la clase de terreno, así como del caudal: La sección rectangular se utiliza habitualmente para canales en roca y pequeños caudales. La sección trapezoidal para canales en tierra y caudales más importantes. Los canales semicirculares han sido utilizados en piezas prefabricadas.

En algunas ocasiones se utilizan secciones más complejas, como las mixtas en las que las uniones entre las paredes o solera de secciones trapeciales o triangulares, se redondean para facilitar la limpieza. También existen las secciones ovoides, pero son más utilizadas en redes de saneamiento. Tienen la ventaja de que cuando disminuye el calado, aumenta la velocidad de flujo, ya que la sección es menor, y con esto se previene la posible sedimentación.

A continuación, se muestran los gráficos (Figura 39) con el fin de dar una estimación del calado (altura de la lámina de agua) y del ancho de la solera o diámetro del canal en función del caudal para canales circulares, rectangulares y trapecoidales, respectivamente de izquierda a derecha.

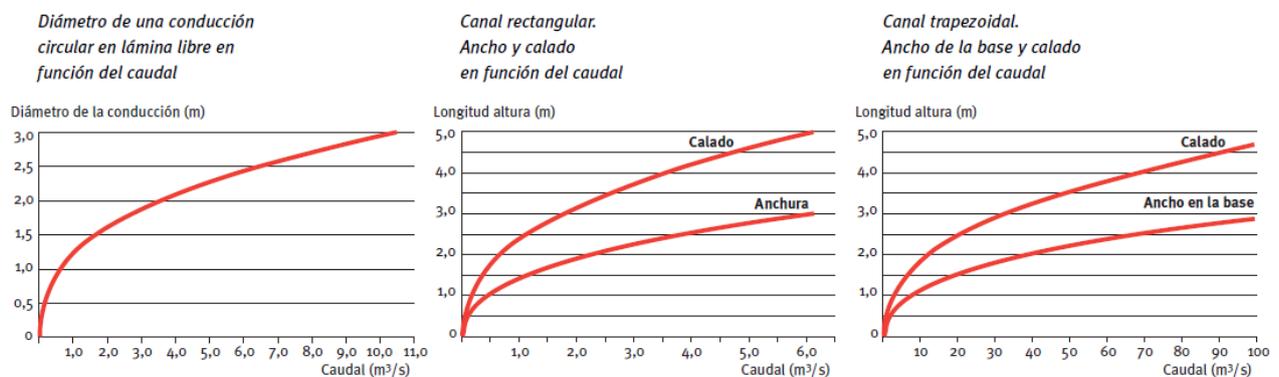


Figura 39: Calado y dimensiones de canales en función del caudal (IDAE, 2006)

Para la elaboración de estas curvas, se han utilizado valores de taludes, pendientes y rugosidades frecuentes y aproximadas en este tipo de construcción

Más adelante, en el apartado de cálculos hidráulicos 6.6. se muestra como se ha de realizar el detalladamente el dimensionado del canal.

TÚNELES

Los túneles son conducciones bajo tierra que se excavan en el terreno y aunque tienen un coste más elevado, se adaptan mejor a éste, además de que el impacto ambiental producido es nulo. También es posible utilizar tuberías prefabricadas de hormigón.

El túnel suele ser de superficie libre y trabaja como un canal abierto (es decir, el agua no circula en presión).

TUBERÍA FORZADA

La tubería forzada conduce el agua desde la cámara de carga hasta la turbina, aunque en algunas ocasiones, se suprime el canal de derivación y las tuberías forzadas se aplican directamente desde las tomas de agua de la presa derivando el agua hasta la cámara de presión.

Debe estar preparada para aguantar la presión que ocasiona la columna de agua, además de la sobrepresión que provoca el golpe de ariete en caso de parada brusca de la minicentral. Al inicio de la tubería se instala un órgano de cierre que permite evitar el paso de agua y vaciar la tubería poco a poco en caso necesario, de mantenimiento o reparación (Cuesta y Vallarino, 2000).

La colocación de la tubería forzada está en función de la orografía del terreno y de los factores medioambientales, pudiendo ser enterrada o aérea. En este último caso, se debe de sujetar la tubería mediante apoyos, (Figura 40) además de los anclajes necesarios en cada cambio de dirección de ésta y la disposición de juntas de dilatación que compensen los esfuerzos originados por los cambios de temperatura.



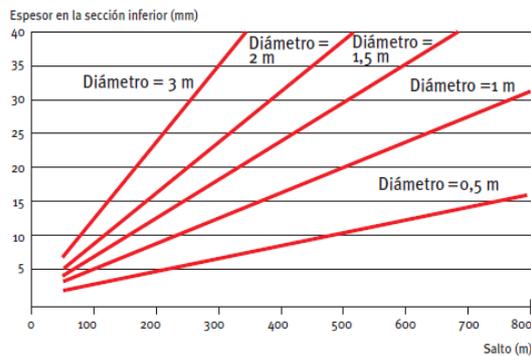
Figura 40: Tubería Forzada con anclajes de hormigón. Central Hidroeléctrica de la Isla de El Hierro (Canarias)

En el caso de tubería enterrada, se suele disponer apoyada sobre una cama de arena en el fondo de la zanja, y se instalan anclajes de hormigón en los cambios de dirección de la tubería. En este caso estará sometida a menores variaciones de temperatura, por lo que no será necesario, en general, la instalación de juntas de dilatación, aunque en función del tipo de terreno sí pueden sufrir problemas de corrosión, por lo cual se suele instalar protección catódica para contrarrestarlo.

MEMORIA

El diámetro de la conducción suele ir en función del caudal, como se muestra a continuación (Figura 41).

Espesor de la tubería forzada en la sección inferior en función del salto y el diámetro



Diámetro de la tubería en función del caudal

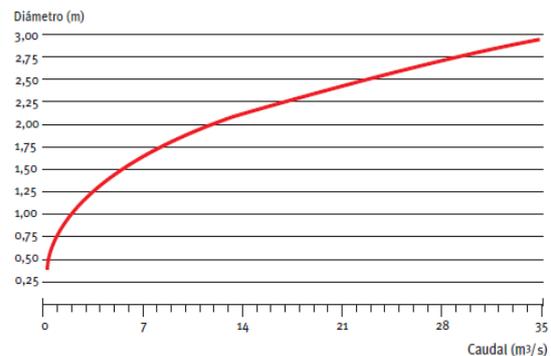


Figura 41: Diámetro de Tuberías en función del salto y del caudal (IDAE, 2006)

Para la elección de las características de la tubería de presión a instalar se deben de seguir ciertos criterios como considerar los materiales para las uniones en función de si es aérea o enterrada y en este caso el tipo del terreno. También se deben de comparar los costos de mantenimiento y vida útil de los diferentes materiales.

Los materiales más utilizados para la construcción de este tipo de tuberías, son el acero, la fundición, el fibrocemento y el plástico reforzado con fibra de vidrio, en función del desnivel existente. Generalmente, cuando la presión interna es muy alta, se incluye un armazón metálico como refuerzo.

El espesor de la tubería forzada suele ser como mínimo de unos 6 mm. Esta medida se calcula en función del tipo de salto y el diámetro.

CANAL DE SALIDA

Es la conducción a través de la que se restituye el agua al cauce. Se dimensiona de manera que el retorno del caudal al río se realice de la forma que altere menos el cauce. Su diseño y características son similares al canal de entrada.



6.5.1.5. Cámara de carga y/o Desarenador.

Se trata de un depósito situado al final del canal de derivación, o de la primera conducción de desviación de agua, del que parte la tubería forzada que transporta el caudal a las turbinas, de forma que el agua entre a esta bajo presión y sin aire.

Es muy importante y necesaria ya que su misión va a ser doble. Por un lado, suministra el volumen de agua que necesita la central en el momento de la puesta en marcha, y, por otro, absorbe las oscilaciones que se producen cuando el caudal de la tubería y del canal, o conducción de entrada, no coinciden. Sin embargo, en el caso de las instalaciones situadas a pie de presa, como ya se ha mencionado, no tienen cámara de carga (ya que es el propio embalse).

En algunos casos también se utiliza como depósito final de regulación, pero en general, como se ha señalado, tiene solo capacidad para suministrar el volumen necesario para que la turbina arranque sin intermitencias.

A la hora de diseñar la geometría de la cámara, hay que evitar al máximo posible las pérdidas de carga y los remolinos que se puedan originar, tanto aguas arriba como en la propia cámara. Si la tubería forzada no está suficientemente sumergida, un flujo de este tipo puede provocar la formación de vórtices que arrastren aire hasta la turbina, provocando sobrepresiones y una fuerte vibración, que bajaría el rendimiento de la minicentral, (Cuesta y Vallarino, 2000).

Cuando la conducción entre la toma de agua y la cámara de carga se realiza con una tubería de presión, la cámara se encontrará cerrada y tendrá además una chimenea de equilibrio, para así amortiguar las variaciones de presión y proteger de los golpes de ariete.

En algunos casos, también tiene la función de desarenación, reduciéndose la velocidad del caudal a 0,5 m/s de entrada de agua en la cámara o depósito produciendo la sedimentación de pequeñas partículas que hayan podido ser arrastradas. En este caso se instalará en la cámara una reja con limpia-rejas y compuertas de desarenación y limpieza.

Por lo tanto, las funciones de la cámara de carga son:

- Mantener un nivel de reserva de carga para cambios bruscos de carga
- Evitar la llegada a la turbina de elementos sólidos
- Sirve como un control de caudal en condiciones atmosféricas adversas
- Evitar la entrada de aire en la tubería



6.5.1.6. Edificio.

Responde a la necesidad de contar con una instalación en la que se sitúe el equipamiento electromecánico y auxiliar de la minicentral: válvula de entrada, turbinas, bancadas, generadores, alternadores, cuadros eléctricos, cuadros de control, etc., que transforman la energía cinética del agua en eléctrica.

La disposición del edificio debe estudiarse muy atentamente, al igual que el resto de obras civiles, considerando los estudios topográficos, geológicos y geotécnicos, y la accesibilidad al mismo. El edificio se puede situar junto al azud o presa, ubicarse al pie de éste, estar separado aguas abajo cuando hay posibilidad de aumentar la altura del salto, e incluso puede construirse bajo tierra. Esta última opción se realiza cuando las excavaciones van a ser más económicas, además de evitar el impacto visual que acompaña a este tipo de instalaciones, o bien cuando la central se construye al mismo tiempo que la presa (en el caso de grandes presas).

Independientemente del lugar donde se ubique, el edificio contará con las conducciones necesarias para que el agua llegue hasta la turbina con las menores pérdidas de carga posibles.

El proyecto final del edificio va a depender del tipo de maquinaria que vaya a ser utilizado, que a su vez depende del caudal de equipamiento y del salto del aprovechamiento.

6.5.1.7. Elementos de cierre y regulación

Es imprescindible la existencia de dispositivos que aíslen la turbina u otros órganos de funcionamiento en caso de parada de la central. Aunque estos mecanismos han sido ya mencionados a lo largo del documento, recordamos cuales son:

- Ataguías. Se utilizan para impedir el acceso de agua a la toma cuando es necesario realizar una limpieza de la instalación o reparaciones en las conducciones.
- Compuertas. En las pequeñas centrales se suelen emplear las compuertas verticales, que cortan el paso del agua a la minicentral, donde se encuentra la turbina.
- Válvulas. Pueden ser de compuerta, de mariposa o esférica. Las válvulas ofrecen una mayor fiabilidad que las compuertas, pero producen mayores pérdidas de carga y se utilizan principalmente en centrales donde el salto es considerable.



6.5.2 Equipamiento electromecánico.

Hasta ahora, la tecnología desarrollada en el área de la energía hidroeléctrica es muy avanzada, ya que se han aplicado los avances logrados en los últimos 150 años. Las turbinas y el resto de equipos de una central presentan actualmente una alta eficiencia, cubriendo toda la gama de caudales desde 0,1 a 500 m³/s, pudiendo utilizarse hasta 1.800 m de salto neto con rendimientos buenos mecánicos (Osorio, 2008).

El resto de equipos asociados, como reguladores de velocidad, son de tecnología electrónica, lo que permite alcanzar una gran precisión en la regulación y el acoplamiento de grupos, y el control y regulación de las turbinas se gestiona por autómatas de última generación.

Dentro de los equipos electromecánicos fundamentales están los siguientes:

- Órgano de cierre de la turbina
- Turbina/s
- Generador/es
- Elementos de regulación
- Transformador/es
- Celdas y cuadros eléctricos
- Línea eléctrica de interconexión

6.5.2.1 Órgano de cierre de la turbina.

Son válvulas o compuertas que aíslan la turbina en caso de parada y permiten el vaciado de la tubería y las labores de reparación y mantenimiento.

6.5.2.2 Turbinas.

La turbina hidráulica es el elemento clave de la minicentral. Se encarga de aprovechar la energía cinética y potencial del agua, transformándola en un movimiento de rotación, que, transferido mediante un eje al generador, produce energía eléctrica.



MEMORIA

Las turbinas hidráulicas se clasifican en dos grupos: turbinas de acción y turbinas de reacción. En una turbina de acción la presión del agua no cambia, se convierte primero en energía cinética. En una turbina de reacción la presión del agua actúa como una fuerza sobre la superficie de los álabes y decrece a medida que avanza hacia la salida. A continuación (Tabla 1), se recogen las principales diferencias entre estos dos tipos de turbinas (Mataix, 1975):

Tabla 1: Comparación entre turbinas de acción y reacción

	ACCIÓN	REACCIÓN
Distribuidor	Inyector / Tobera con válvula de aguja	Distribuidor Fink (regulado o fijo)
Rodete	Cucharas	Álabes o paletas
Protección (Embalamiento y golpe de ariete)	Pantalla deflectora	Orificio compensador
Salida del rodete	Sin tubo de aspiración (presión atmosférica)	Con tubo de aspiración (presión menor que la atmosférica)

TURBINAS DE ACCIÓN

Como se ha mencionado, son aquellas que aprovechan exclusivamente la velocidad del flujo de agua para hacerlas girar (Fazalare, 1986). El tipo más utilizado es el denominado turbina Pelton, aunque existen otros parecidos como la Turgo con inyección lateral, y la turbina de doble impulsión o de flujo cruzado, también conocida por turbina Ossberger o Banki-Michell.

- **Pelton.** Este tipo de turbina se utiliza en grandes saltos que tienen un pequeño caudal. Está formada por un rodete (disco circular) móvil dotada de álabes (cazoletas o cucharas) de doble cuenco en su periferia (Figura 42).

El chorro de agua entra en la turbina dirigido y regulado por medio de una o varias válvulas de aguja (Figura 43), también llamadas inyectoros, los cuales tienen forma de tobera para aumentar la velocidad del flujo que incide sobre los álabes y provoca el movimiento de giro de la turbina (De Siervo y Lugaresi, 1978).

MEMORIA



Figura 42: Turbina Pelton

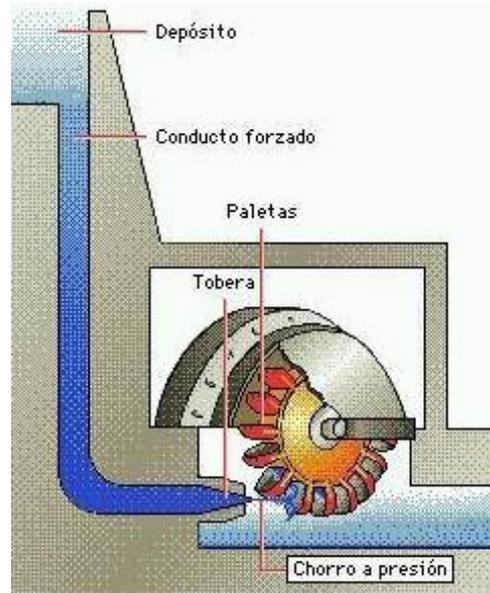


Figura 43: Funcionamiento Turbina Pelton
(Twentenergy, 2015)

La potencia de la turbina se controla a través de los inyectores, que aumentan o disminuyen el caudal de agua administrada. En las paradas de emergencia que se lleven a cabo, se emplea un deflector que dirige el chorro directamente al desagüe o canal de salida, impidiendo así el empalme de la máquina. Esto permite un cierre lento de los inyectores, sin provocar golpes de presión en la tubería forzada.

Una turbina Pelton es uno de los tipos más eficientes de turbina hidráulica. Tienen una alta disponibilidad y bajo coste de mantenimiento, además de que su rendimiento (Figura 44) es bastante alto (superior al 90% en condiciones de diseño: presenta una curva de rendimiento bastante plana con un rendimiento superior al 80% para un caudal del 20% del nominal).

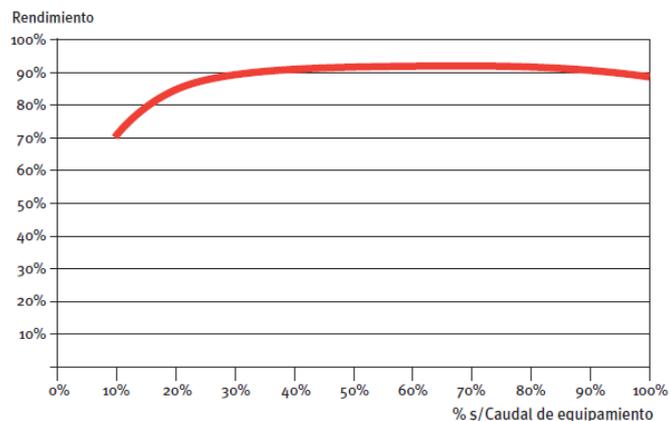


Figura 44: Rendimiento de las turbinas Pelton en función del caudal (IDAE, 2006)

Las posibilidades que ofrece este tipo de máquina hacen que sea muy apropiada para operar con carga parcial, además de permitir una amplia variación de caudales en su funcionamiento. Se puede instalar con eje horizontal o vertical, y con uno o varios inyectores. Por lo general se combinan; el eje horizontal en las máquinas con uno o dos inyectores, o el eje vertical en las máquinas con más de dos inyectores, aunque esta última solución encarece el coste del generador.

- **Turbina de flujo cruzado:** También denominada de doble impulsión, Ossberger o Banki-Michell (Figura 45) Está compuesta por un inyector de sección rectangular que consta de un álabe longitudinal que controla y orienta el caudal que entra en la turbina, y un rodete de forma cilíndrica, con sus múltiples palas curvas dispuestas como generatrices y soldadas por los extremos a discos terminales (Figura 46).



Figura 45: Turbina De Flujo Cruzado (Ossberger, 2015)

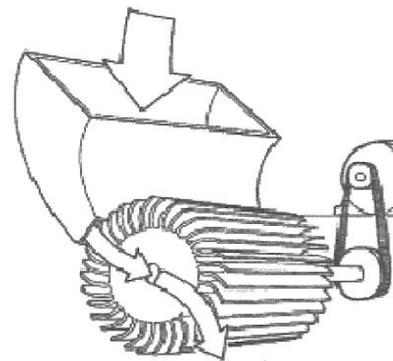


Figura 46: Funcionamiento de las turbinas de flujo cruzado (ICAI, 2015)

El primer impulso se origina cuando el caudal entra en la turbina conducido por el álabe del inyector hacia los alabes del rodete. Cuando este caudal ya ha atravesado el interior del rodete proporciona el segundo impulso, al salir del mismo y caer por el tubo de aspiración (Fazalare, 1986).

Las turbinas de este tipo tienen un campo de aplicación muy extenso, ya que se pueden emplazar en aprovechamientos con saltos comprendidos entre 1 y 200 metros con un rango de variación de caudales muy grande. La potencia unitaria que se puede instalar está limitada aproximadamente a 1 MW. El rendimiento máximo es menor al de las turbinas Pelton, siendo aproximadamente el 85% (Figura 47), pero tiene un funcionamiento con rendimiento prácticamente constante para caudales de hasta 1/16 del caudal nominal.

MEMORIA

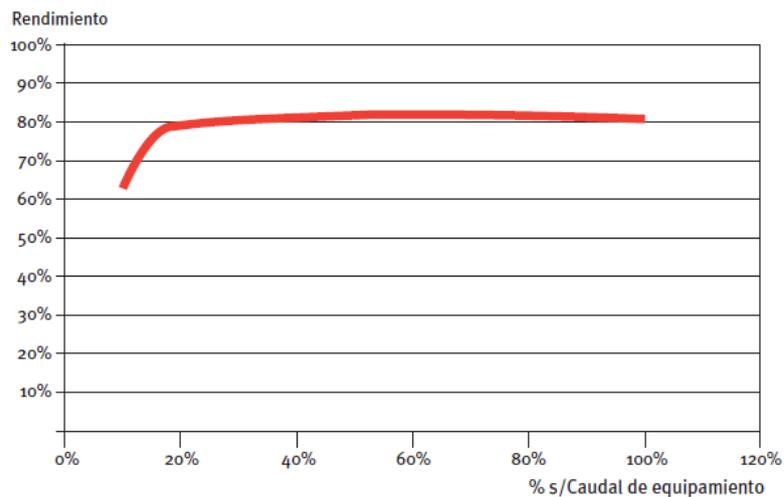


Figura 47: Rendimiento de las turbinas de flujo cruzado en función del caudal (IDAE, 2006)

TURBINAS DE REACCIÓN.

Este tipo de turbinas cuentan con un diseño de rotor que permite aprovechar la presión que aún le queda al agua a su entrada para convertirla en energía cinética. Esto hace que el agua al salir del rotor tenga una presión por debajo de la atmosférica.

Las turbinas de reacción más utilizadas son las Francis y la Kaplan, en la Figura 48, se aprecia de forma esquemática la diferencia entre ambas. La mayoría de estas turbinas se componen casi siempre de los siguientes elementos:

- Cámara de entrada o Carcasa. Estructura fija que puede ser abierta o cerrada, y tiene forma espiral o caracol para dar una componente radial al flujo de agua. Es aquí donde parte de la energía de presión del agua que entra, se convierte en energía cinética, dirigiendo el agua alrededor del distribuidor.

- Distribuidor. Lo componen dos coronas concéntricas; el estator (corona exterior de álabes fijos) y el rotor (corona de álabes móviles) que orientan el agua hacia el rodete.

- Rodete. Es un elemento móvil que transforma la energía cinética y de presión del agua en trabajo. Está formado por una corona de paletas fijas, con una forma tal que cambian la dirección del agua de radial a axial.

- Difusor. Tubo divergente que recupera parte de la energía cinética del agua.

- Tubo de aspiración o de salida de agua. Puede ser recto o acodado, y cumple la función de mantener la diferencia de presiones necesaria para el buen funcionamiento de la turbina.

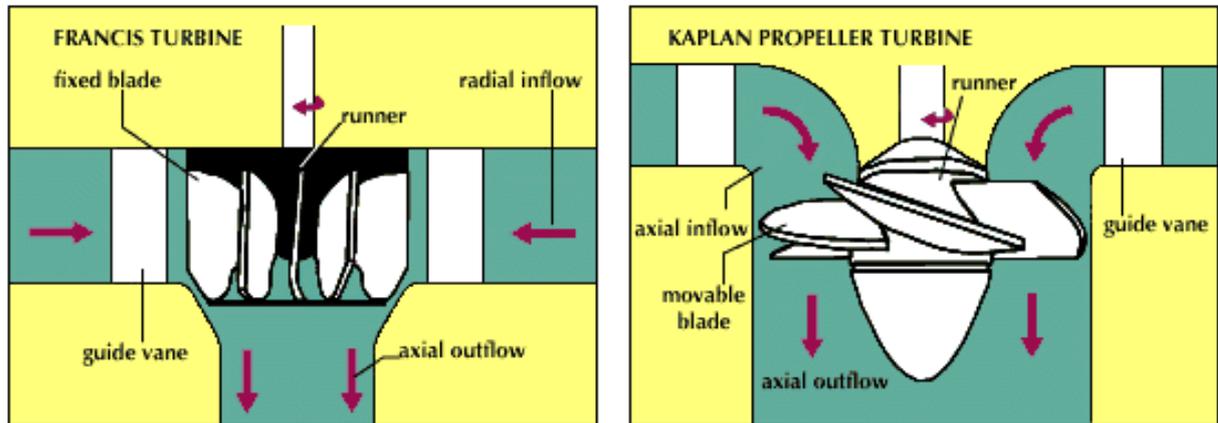


Figura 48: Turbinas de Reacción: Francis y Kaplan (Green Mechanic, 2015)

- **Francis**. Este tipo de turbina hidráulica se adapta muy bien a todo tipo de saltos y caudales, siendo capaces de operar con desniveles que van de los diez metros hasta varios cientos de metros, y cuenta con un rango de utilización muy grande. Se caracteriza por recibir el fluido de agua en dirección radial, debido a la cámara de entrada (Figura 49), y a medida que ésta recorre la máquina hacia la salida se convierte en dirección axial, por medio de como ya se ha mencionado anteriormente, el movimiento de las palas del rodete (Figura 50). Se puede instalar con eje vertical, así como horizontal, pero sus palas (de 16 a 24) no son orientables (De Siervo y De Leva, 1976).



Figura 49: Turbina Francis. Cámara espiral



Figura 50: Rodete de turbina Francis

Las turbinas Francis tienen una alta eficiencia, su rendimiento es superior al 90% en condiciones óptimas de funcionamiento (Figura 51) (Lugaresi y Massa, 1987). Permite variaciones de caudales entre el 40% y el 105% del caudal de diseño, y en salto entre 60% y el 125% del nominal. Todo esto ha hecho que este tipo de turbina sea el más ampliamente usada en el mundo.

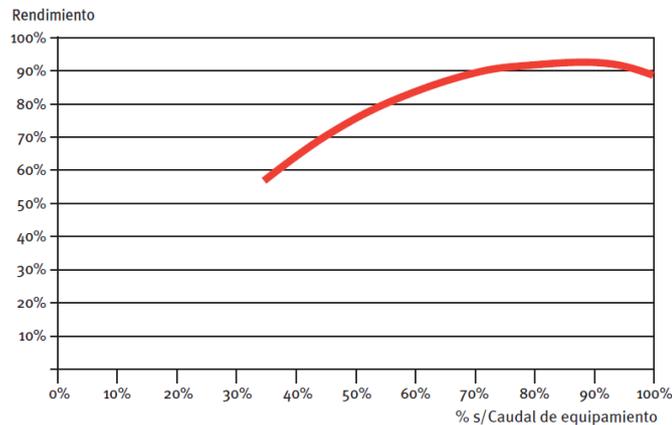


Figura 51: Rendimiento Turbina Francis en función del caudal (IDAE, 2006)

- **Turbinas Hélice, Semikaplan y Kaplan.** Las instalaciones con turbina de hélice son turbinas de reacción, por lo que se componen esencialmente de las partes antes descritas, las cuales son una cámara de entrada abierta o cerrada, un distribuidor fijo, un rodete, con 4 o 5 palas fijas en forma de hélice de barco en este caso, y un tubo de aspiración. La implantación de este tipo de turbinas suele ser con eje vertical.

Las turbinas Kaplan (Figura 52) y Semikaplan son variantes de la Hélice con diferentes grados de regulación. Son turbinas de reacción de radial, y en el caso de las Semi-Kaplan puede ser radial o axial, con un rodete que funciona de manera semejante a la hélice de un barco. Ambas poseen el rodete con palas o álabes ajustables y regulables, que les proporciona la posibilidad de funcionar en un rango mayor de caudales. La turbina Kaplan incorpora un distribuidor que puede ser fijo o regulable que le da un mayor rango de funcionamiento con mejores rendimientos, a cambio de una mayor complejidad y un coste más elevado (Lugaresi y Massa, 1988).



Figura 52: Turbina Kaplan (Ossberger, 2015).

MEMORIA

Para su regulación, los álabes del rodete giran alrededor de su eje, accionados por unas manijas, que son solidarias a unas bielas articuladas a una cruceta, que se desplaza hacia arriba o hacia abajo por el interior del eje hueco de la turbina. Este desplazamiento es accionado por un servomotor hidráulico, con la turbina en movimiento (De Siervo y De Leva, 1978).

El rendimiento de este tipo de turbinas es de aproximadamente el 90% para el caudal nominal y se reduce conforme nos alejamos de él (Figura 53). El rendimiento es aproximadamente un 1% superior al de la turbina tubular.

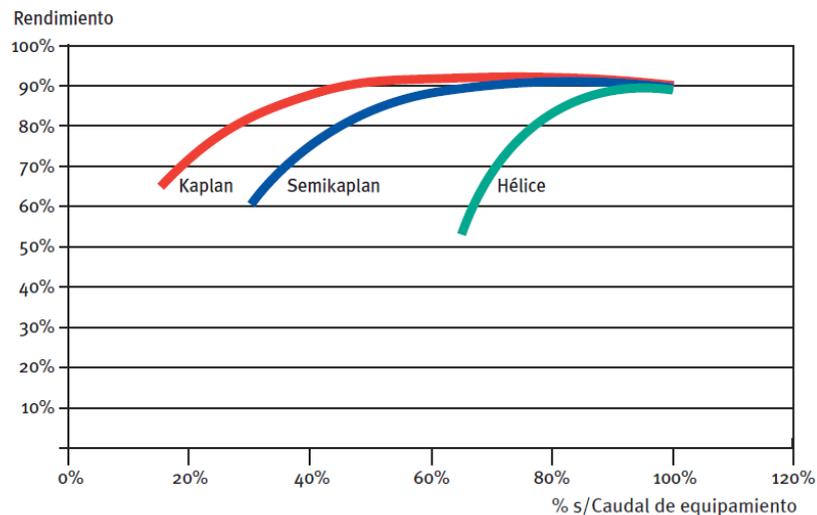


Figura 53: Rendimiento de las turbinas Kaplan, Semikaplan y Hélice (IDAE, 2006).

Este tipo de turbinas se emplean generalmente para saltos de pequeña altura y caudales variables o grandes. Pero se elegirá la instalación de una u otra es función de las características del aprovechamiento y de los aspectos técnicos y económicos.

- Es aconsejable que se utilicen turbinas tipo Kaplan o Semikaplan en las centrales de tipo fluyente, con un salto prácticamente constante y un caudal muy variable, para que se adapten al caudal de entrada.

- La turbina de hélice se emplea en centrales que tengan regulación propia, trabajando así con caudales casi constantes entre unos niveles máximo y mínimo de embalse.

La variación admitida en el salto en estos tres tipos de turbina es del 60% al 140% del diseño, y en caudal, del 40% al 105% del caudal nominal para la Hélice, del 15% al 110% para las Kaplan, situándose la Semikaplan entre ambas.

OTRAS TURBINAS

Hay ocasiones en las que estas turbinas estudiadas no son las más adecuadas para las condiciones del aprovechamiento, por lo que es conveniente utilizar otro tipo de turbinas que se adapten mejor (Schweiger y Gregory, 1989), estando entre ellas:

- **Tubular.** Se denominan turbinas tubulares o en “S”. Son turbinas de reacción similares a las de hélice (Figura 54). Su implantación puede ser de eje horizontal, inclinado o vertical, y tiene un rendimiento ligeramente superior a las Kaplan en cámara, de entre un 1% o 2%. Apta para pequeñas cargas, posee alta velocidad de empalamiento.

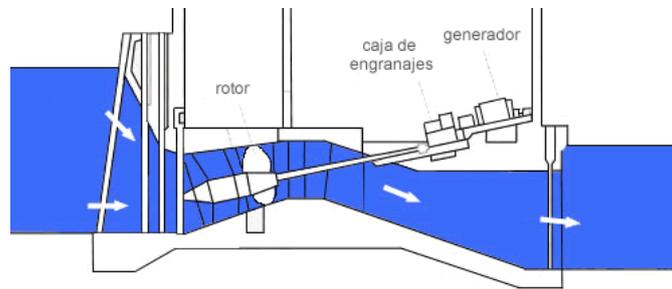


Figura 54: Turbina Tubular (Textos científicos, 2015)

- **Bulbo.** El generador está inmerso en la conducción protegido por una carcasa impermeable (Figura 55). Tiene la ventaja de que la obra civil necesaria se reduce, pero los equipos son más complejos y esto dificulta el mantenimiento. Apta para pequeñas cargas, posee alta velocidad de empalamiento.

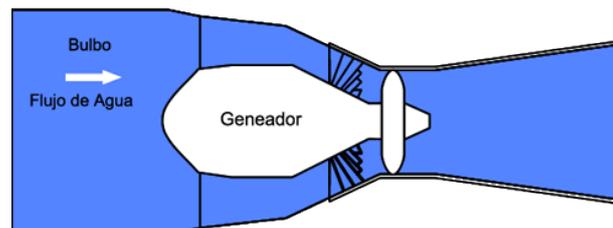


Figura 55: Turbina de Bulbo. (Voest-Alpine, 2015)

- **Turgo.** Muy similar a la turbina Pelton de varios inyectores, pero con menores costes de fabricación e instalación (rodete y generador más baratos). El chorro del agua incide en el inyector y en el rotor lateralmente en lugar de tangencialmente, como se realiza en la Pelton, por lo que, para el mismo diámetro, es capaz de aprovechar caudales mayores. Posee un alto empuje axial y velocidad específica elevada. Se utilizan más en instalaciones pequeñas.



CONFIGURACIÓN DE LAS TURBINAS

Cuando se trata de aprovechamientos de baja altura, con 2 a 5 m de altura de salto y un caudal que puede variar entre 10 y 100 m³/seg., se presentan problemas a la hora de elegir la turbina más adecuada, ya que muchas veces esta elección conlleva la realización de importantes trabajos de obra civil, cuyo costo llega a superar al de los grupos turbo-generadores.

Para reducir el costo global (obra civil + equipos), y en particular reducir el volumen de obra civil, se han concebido un cierto número de configuraciones que han llegado a ser consideradas como clásicas. Todas ellas hacen uso de uno de los dos tipos de turbinas aplicables a estos saltos: la kaplan y la semi-kaplan, siendo similares a las tubulares estudiadas anteriormente.

Se muestran seguidamente los esquemas de estos tipos de configuración para las turbinas, cuyas características se recogen a continuación:

Tipo de configuración	Flujo	Sist. de cierre	Tipo de Multiplicador	Figura
Kaplan o semi-Kaplan vertical	Radial	Compuerta	Paralelo	56
Semi-Kaplan vertical en sifón	Radial	Sifón	Paralelo	57
Semi-Kaplan inversa en sifón	Radial	Sifón	Paralelo	58
Semi-Kaplan inclinada en sifón	Axial	Sifón	Epicicloidal	59
Kaplan en "S"	Axial	Distribuidor	Paralelo	60
Kaplan en "S" invertida	Axial	Distribuidor	Paralelo	61
Kaplan con reenvío a 90º	Axial	Compuerta	Cónico	62
Semi-Kaplan con reenvío a 90º	Axial	Compuerta	Cónico	63
Semi-Kaplan en pozo	Axial	Compuerta	Epicicloidal	64

MEMORIA

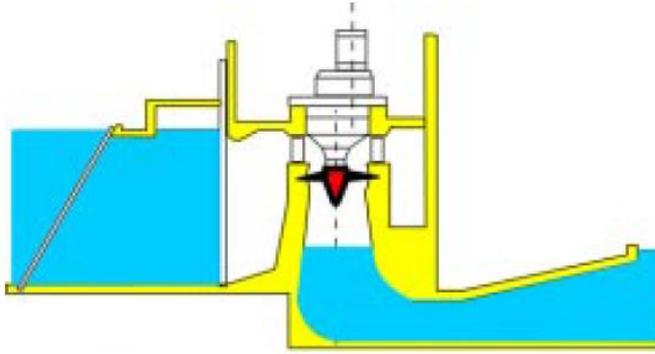


Figura 56: Kaplan o Semikaplan vertical. Multiplicador en paralelo al eje (ESHA, 2006)

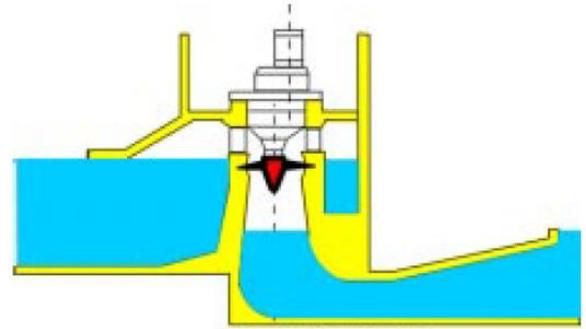


Figura 57: Semikaplan en sifón (ESHA, 2006)

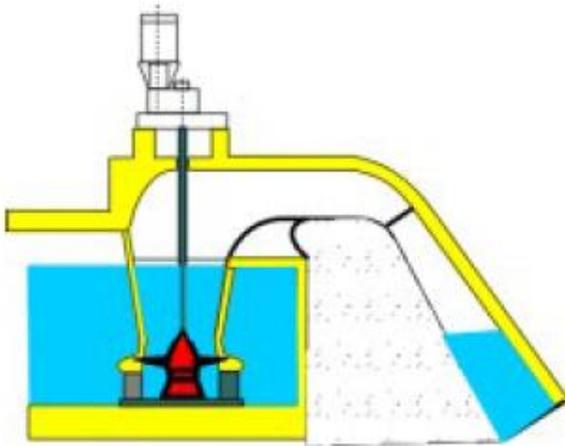


Figura 58: Semikaplan inversa en sifón (ESHA, 2006)

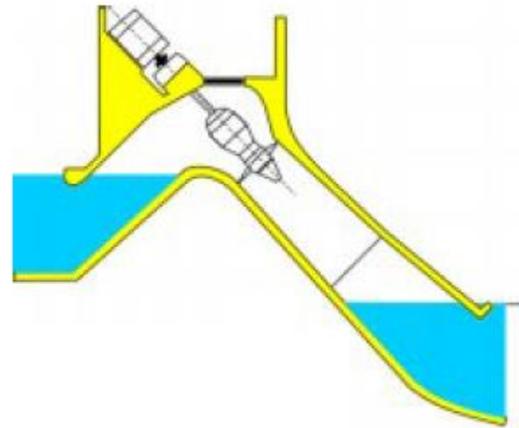


Figura 59: Semikaplan inclinada en sifón (ESHA, 2006)

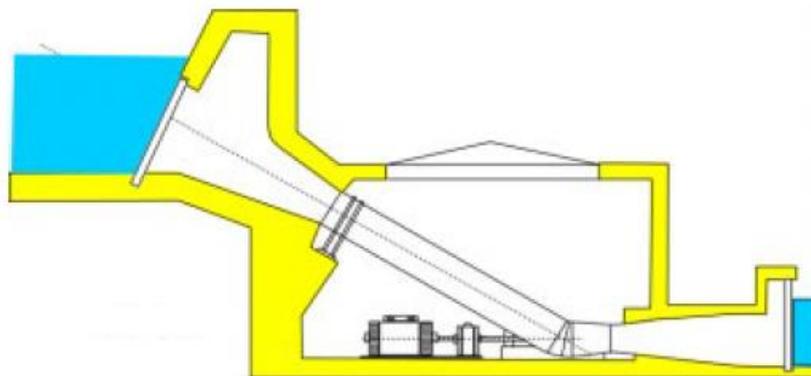


Figura 60: Kaplan en "S" (ESHA, 2006)

MEMORIA

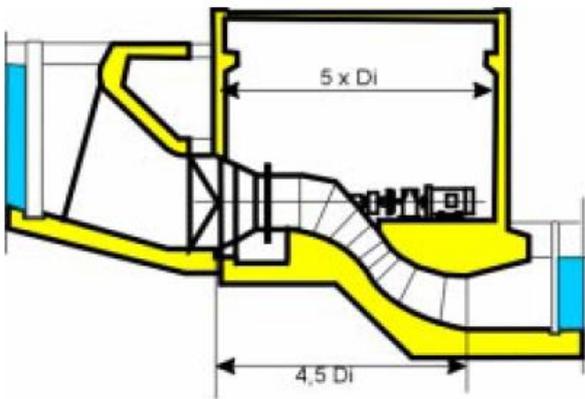


Figura 61: Kaplan en "S" invertida (ESHA, 2006)

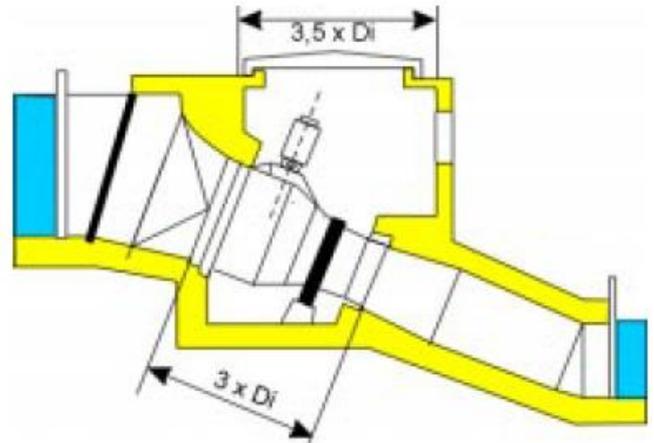


Figura 62: Kaplan con reenvío a 90º (ESHA, 2006)

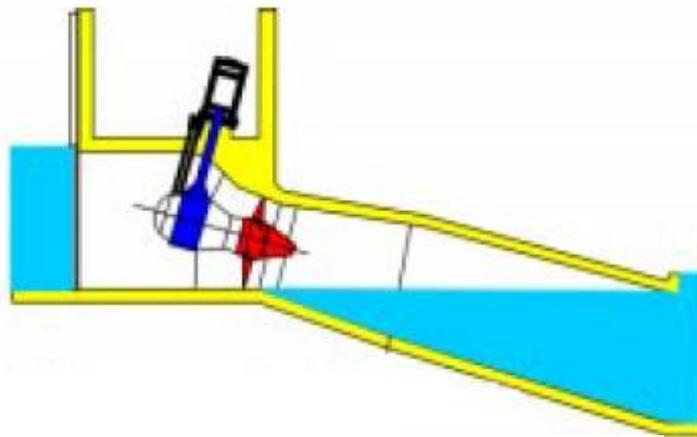


Figura 63: Semikaplan con reenvío a 90º y compuerta (ESHA, 2006)

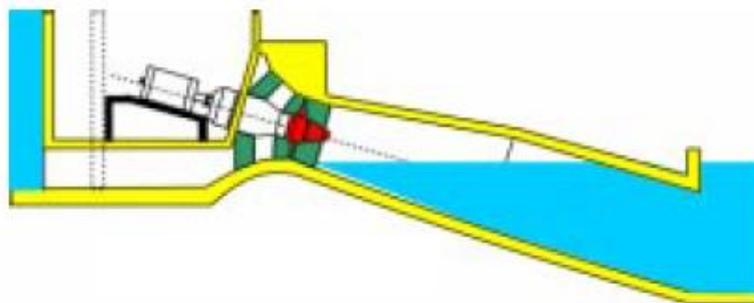


Figura 64: Semikaplan en pozo (ESHA, 2006)



MEMORIA

Los cierres mediante sifón son eficaces, económicos y dada su velocidad de cierre, como ya se ha mencionado, impiden el embalamiento de la turbina, pero son muy ruidosos. La solución ideal desde el punto de vista de impacto visual y sonoro es la de una casa de máquinas enterrada o semienterrada (Mataix, 1975), pero esto solo es factible con una configuración de turbina inclinada con reenvío a 90° (Figuras 62 y 63), que permite utilizar un generador barato y poco voluminoso, turbina en S (Figura 60) o turbina en pozo (Figura 64). La solución en S presenta el inconveniente de que el eje de la turbina tiene que atravesar el conducto de salida (o de entrada si la S se presenta invertida (Figura 61), lo que provoca una pérdida de carga considerable (Schweiger y Gregory, 1989), presentando la configuración con reenvío a 90° (Figuras 62 y 63) un rendimiento global superior, de entre un 3% y un 5%. Además, se observa que, los volúmenes tanto de excavación como de hormigón, son muy inferiores en la configuración con reenvío a 90° (Figuras 62 y 63), que en la configuración en S (Figuras 60 y 61).

La configuración en pozo (Figura 64) tiene la ventaja de que los principales órganos mecánicos son accesibles cómodamente, por lo que se facilita la inspección y el mantenimiento, especialmente en lo que respecta al acoplamiento turbina multiplicador, multiplicador propiamente dicho y generador. Al tener un mayor caudal específico (un 30% más que las kaplan de eje vertical) la turbina es más pequeña y la obra civil más sencilla.

PROBLEMAS CON LAS TURBINAS

Los principales inconvenientes que tienen las turbinas son la cavitación y el embalamiento.

- **Cavitación.** Se produce cuando un líquido es sometido a una presión mayor a las de su presión de evaporización, ya que cuando esto sucede, el líquido se evapora creando pequeñas burbujas de vapor, y también debido a esta presión, estallan produciendo graves daños en los rodetes.

- **Embalamiento.** Se origina debido a una variación drástica de la carga en el eje de la turbina. La turbina alcanza una velocidad que puede perjudicar los componentes de la turbina llegando en ocasiones a destruirlas. Esta velocidad depende de las condiciones de cada instalación y de cada turbina.



RANGOS DE UTILIZACIÓN Y RENDIMIENTOS DE LAS DISTINTAS TURBINAS

Para seleccionar la turbina que se va a instalar, se debe de estudiar previamente el salto existente (grande o pequeño) y del caudal del que disponemos (variable o constante, alto o bajo), ya que, según estos factores, como se desarrolla más detalladamente en el apartado 6.7.1. en cuanto al dimensionamiento de los equipos electromecánicos, es más conveniente usar un tipo u otro de turbina y será los que nos condicione su rango de utilización.

Estudiando los tipos de turbinas más usuales, en general, la turbina a utilizar sería:

- **Pelton.** Se utiliza este tipo de turbina de acción para saltos elevado (entre 50 y 1300 metros), siendo adecuadas tanto para grandes como pequeños caudales, pero constantes.

- **Francis.** Adecuada para saltos medios (de 10 hasta 50 metros) y caudales también medios con variaciones moderadas.

- **Kaplan.** Saltos reducidos (entre 2 y 20 metros) y caudales variables.

Además, también hay que tener en cuenta la curva de rendimiento de cada turbina, que varía según sea el caudal de funcionamiento, así como en función del salto existente donde vayamos a instalar la minicentral. Esta variación es menos notable, pero conviene considerarla, ya que, para alcanzar una evaluación correcta de la energía producida en un aprovechamiento, hay que analizar el rendimiento de la turbina en cada régimen posible de funcionamiento.

De igual manera, se debe recordar que, si se va a instalar una turbina de gran diámetro, las turbinas de reacción grandes ofrecen mejores rendimientos que las pequeñas, ya que el rendimiento aumenta cuando aumenta el diámetro de salida. Los rendimientos mostrados para cada tipo de turbina en los apartados anteriores (Figuras 44, 47, 51, 53), corresponden a un rodete de tamaño medio o estándar, como se explicó, pero para rodetes de gran tamaño, superiores a los 3 metros de diámetro, se produce un incremento de rendimiento.

Sin embargo, una turbina únicamente puede trabajar con un caudal comprendido entre el nominal y el mínimo técnico, por lo que puede resultar interesante utilizar, varias turbinas de menor potencia unitaria en lugar de solo una, y adaptar el número de unidades en función al caudal disponible en cada momento. De esta manera trabajarán a plena carga todas las que están en marcha y con un rendimiento global sensiblemente más alto.



MEMORIA

Además, permite reducir el peso y tamaño de cada una de ellas, y aunque aumente la ratio costo de equipo/m³ de caudal turbinado, facilitará su transporte y montaje en obra. Disminuirá también el par de entrada al multiplicador, ya que la velocidad de rotación de una turbina es inversamente proporcional a su diámetro, y este podrá ser más pequeño (Gordon, 1990).

Con la disminución del diámetro de los rodetes, se reduce la longitud y espesores de los elementos resistentes en la casa de máquinas. Por añadidura, al instalar varios grupos idénticos, los encofrados complejos pueden reutilizarse varias veces, disminuyendo así el costo de la obra civil (Briceño, Escobar y Ramírez, 2008).

Se debe de tener en cuenta también que una turbina de doble regulación tiene un caudal mínimo técnico del 20%, y una de simple regulación del 40%, siempre que el caudal mínimo a turbinar se prevea que vaya a ser inferior al 40% del caudal de diseño durante periodos de tiempo considerables, la decisión deberá inclinarse por una configuración de doble regulación.

Para realizar la elección del tipo de turbina a instalar o una primera aproximación para ello, es usual utilizar ábacos que suelen proporcionar los fabricantes de turbinas. Con ellos, se determina inicialmente el tipo de turbina a partir de los parámetros de salto y caudal.

A continuación, se muestran dos de estos tipos de ábacos disponible en los que, tal y como puede verse, se entra en abscisas con el salto en metros y en ordenadas con el caudal de agua en m³/s.

Cualquier turbina dentro de cuya envolvente esté dicho punto, será la más adecuada a instalar en el aprovechamiento en cuestión. (Figura 65 y 66).

Sin embargo, este cálculo nos sirve para una primera aproximación en la elección de turbina más adecuada, para realizar una estimación más exacta hay que tener en cuenta varios factores más, recogidos todos ellos en el capítulo de dimensionamiento 6.7.1. de las turbinas.

MEMORIA

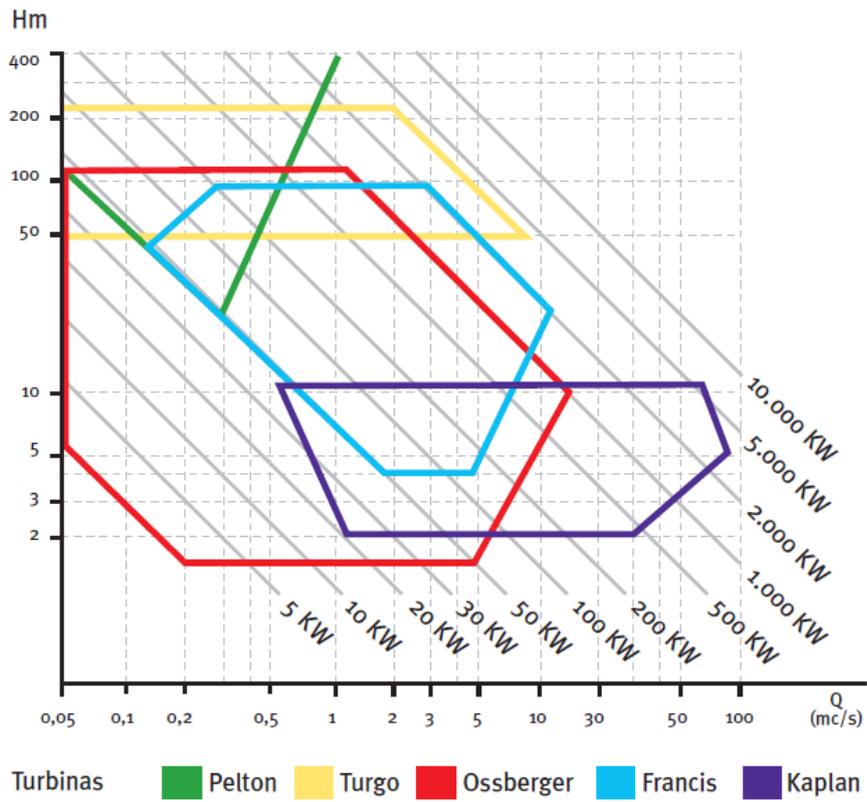


Figura 65: Ábaco elección de turbina (IDAE, 2006)

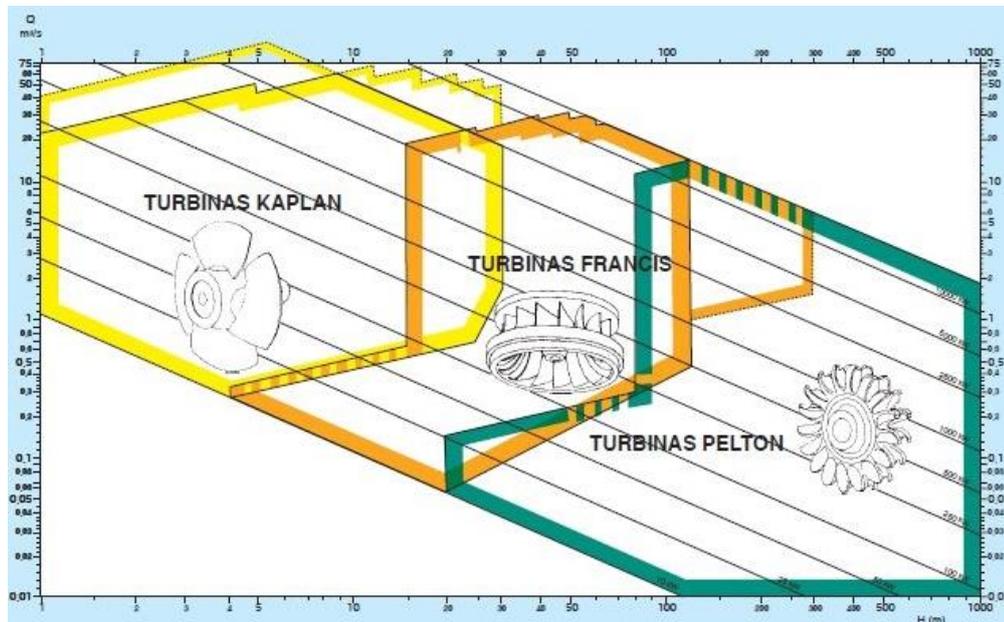


Figura 66: Ábaco elección de turbina (Voestalpine, 2015)



6.5.2.3 Multiplicador.

Cuando la turbina y el generador trabajan a la misma velocidad, pueden montarse coaxialmente, por lo que, para minimiza el mantenimiento y evitar pérdidas mecánicas, se recomienda el acoplamiento directo, de la forma recomendada por el fabricante de la turbina. Pero en general, sobre todo en las turbinas de baja potencia, los rodets giran a menos de 400 rpm, lo que exige la utilización de un multiplicador para alcanzar las 1.000-1.500 rpm de los alternadores estándar, siendo siempre más económica esta solución que la de utilizar un alternador especial, que tendrá que ser construido bajo pedido (Gordon, 1990; Cuesta y Vallarino, 2000).

Se clasifican según el tipo de engranajes utilizados en su construcción.

Epicycloidales: Utilizan engranajes epicycloidales con diseños muy compactos, apropiados para potencias de más de 2 MW

Paralelos: Utilizan engranajes helicoidales, principalmente rentables para potencias medias.

Cónicos: Habitualmente condicionados a pequeñas potencias, utilizan engranajes cónicos espirales para el reenvío a 90°.

De correa (plana o trapezoidal). Utilizados en bajas potencias; resultan de fácil mantenimiento.

6.5.2.4. Generadores.

Estas máquinas son las responsables de transformar la energía mecánica de rotación suministrada por las turbinas, en energía eléctrica en sus bornes o terminales.

El principio del funcionamiento del generador se basa en la ley de Faraday, mediante la cual, cuando un conductor eléctrico se mueve en un campo magnético se produce una corriente eléctrica a través de él. Este funcionamiento se basa en la inducción electromagnética.

Está formado esencialmente por dos elementos: Uno fijo cuyo nombre genérico es el de Estator o Inducido Fijo, y otro que gira concéntricamente en éste, llamado Rotor o Inductor Móvil (Figura 67).

MEMORIA

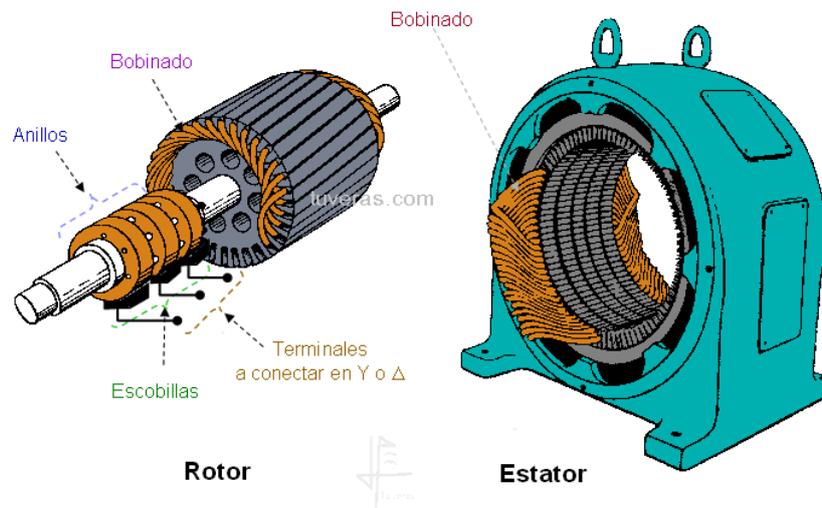


Figura 67: Componentes del generador (Artinaid, 2015)

La corriente eléctrica se origina en el campo magnético establecido entre el rotor y el estator. El inductor o Rotor, formado por un conjunto de bobinas y en cuya parte más externa tiene un electroimán, alimentado por una corriente eléctrica pequeña (corriente de excitación del campo), gira impulsado por la turbina produciendo así una corriente de electrones en los hilos de cobre del estator. A este último están unidas las barras de salida de la corriente.

Esta corriente se induce a un voltaje relativamente pequeño, por lo que se envía al transformador de potencia que lo eleva a un valor muy alto, para que se efectúe la transmisión hasta los centros de consumo.

En centrales menores de 1000 KW, el caso de las minicentrales, la tensión de trabajo del generador es de 400 o 660 voltios. Para potencias más elevadas la generación se produce en media tensión (3.000, 5.000 o 6.000 voltios) (Coz et al., 1995).

El generador puede ser de dos tipos: síncrono o asíncrono.

SÍNCRONO.

En este tipo de generador, también denominado Alternador, la conversión de energía mecánica de rotación en energía eléctrica, se produce a una velocidad constante llamada velocidad de sincronismo, que viene dada por la siguiente expresión

$$Ns = 60 \cdot f / p$$



MEMORIA

N_s = velocidad de sincronismo expresada en r.p.m.

f = frecuencia en Hz (50 Hz en España)

p = número de pares de polos del generador

Las bobinas arrolladas crean el campo magnético en los polos, que pueden ser lisos o salientes, del rotor. Para que esto ocurra, por estas bobinas debe circular una corriente eléctrica continua, denominada corriente de excitación, que representa entre el 0,5% al 1% de la potencia útil del generador. Se puede producir empleando diferentes sistemas de excitación (Edminister et al., 1997):

- **Autoexcitación estática.** La corriente proviene de la propia energía eléctrica generada, previamente transformada de alterna en continua.
- **Excitación con diodos giratorios.** Se crea una corriente alterna invertida, con polos en el estator y se rectifica por un sistema de diodos, situado en el eje común.
- **Excitación auxiliar.** La corriente necesaria se genera mediante una dinamo auxiliar regulada por un reóstato.

Cuando el generador funciona de forma aislada de un sistema eléctrico (es decir, alimentado por batería), la excitación del campo regulará la tensión eléctrica generada. Sin embargo, cuando el generador esté acoplado a un sistema eléctrico que posea varios generadores unidos, la excitación del campo controlará la potencia reactiva generada.

Debido a la disposición espacial del conjunto de enrollamientos del estator, la corriente generada en él será alterna.

Cuando un generador síncrono está sometido a carga, la tensión inducida sufre cambios por lo que se deberá diseñar con equipos auxiliares, detallados más adelante, como regulador de tensión y refuerzos en las bobinas, para que tengan capacidad de soportar velocidades de embalamiento de la turbina y garantizar una óptima operación del mismo.

Los generadores síncronos suelen emplearse en centrales con potencia superior a 2.000 kVA conectadas a la red, o como ya ha sido mencionado, en centrales de pequeña potencia que funcionan en isla (sin estar conectadas a la red). Por razones económicas, en pequeñas centrales hidroeléctricas se recomienda la utilización de alternadores de dos o cuatro polos (Fernández y Barboza, 2006).



ASÍNCRONO.

El generador asíncrono debe estar siempre conectado a la red eléctrica, de la que toma la energía necesaria para producir su magnetización. Cuando el sistema de la red eléctrica falla, el generador falla también. Sin embargo, existen sistemas electrónicos que pueden engañar a los generadores de inducción, por medio de capacitores para cargar el campo, permitiendo así, que en ocasiones estos generadores puedan ser utilizados en sistemas de potencia aislados.

Este tipo de generador eléctrico se han utilizado sobre todo en centrales de pequeña potencia debido a la simplicidad, robustez y bajo costo de los clásicos motores eléctricos existentes en los que se basan. Para ello es necesario que el par mecánico que se comunica al rotor produzca una velocidad de giro mayor a la de sincronismo. Este exceso de velocidad produce un campo giratorio excitador. Es importante que la diferencia entre las velocidades de funcionamiento y la de sincronismo sea pequeña, para reducir las pérdidas en el cobre del rotor.

Como ya se ha expuesto, el generador toma la corriente de la red para la creación del campo magnético giratorio mediante el estator. También se necesita la colocación de una batería de condensadores que compense la energía reactiva generada, ya que el bobinado al tratarse de una carga inductiva, consumirá corriente desfasada de la tensión para generar el campo magnético (Edminister et al., 1997).

Cuanto más rápido gire el rotor, mayor será la potencia transferida al estator en forma de fuerza electromagnética, y convertida a continuación en electricidad proporcionada a la red eléctrica.

Para arrancar el grupo se abre el distribuidor de la turbina hasta que se llega a una velocidad superior a la de sincronismo (aunque próxima a la misma para minimizar pérdidas) y en este momento se conecta a la red por medio de un interruptor automático pasando a trabajar como generador de potencia activa pero demandante de potencia reactiva (para la creación del campo magnético).

El uso de este tipo de generadores no necesita regulador de velocidad en la turbina puesto que, como el campo magnético se crea a partir de una corriente de 50Hz, la onda generada será de misma frecuencia.

Es usual emplearlos en centrales de menos de 500 kVA, siempre acopladas a la red. Para centrales con potencia aparente entre 500 y 2.000 kVA la elección de un generador síncrono o asíncrono, depende de la valoración económica, del sistema de funcionamiento y de los condicionantes técnicos exigidos por la compañía eléctrica (Fernández Y Barboza, 2006).



6.5.2.5 Elementos de regulación y protección:

En todo aprovechamiento hidroeléctrico, es necesario la instalación de diversos mecanismos que regulen y controlen el buen funcionamiento de la central, así como dispositivos de protección, tanto de la central como de la línea, ante los posibles fallos que puedan producirse.

REGULACIÓN Y CONTROL

La disposición de estos elementos es necesaria para conseguir adecuar la turbina a las circunstancias existentes en cada momento (caudal turbinable, demanda eléctrica, etc.) para que pueda trabajar con el mejor rendimiento energético posible en cada circunstancia, y de esta forma regular y controlar el buen funcionamiento de la central.

En las centrales pequeñas y en servicios poco importantes, es posible efectuar esta regulación manualmente; pero cuando se trata de instalaciones expuestas a variaciones de carga de consideración, se precisa recurrir a la regulación automática.

Los principales bucles de control, de la turbina y el generador, y sistemas de supervisión y mando para una minicentral hidroeléctrica, se pueden clasificar en tres formas distintas, en función del tipo de generador utilizado y del funcionamiento previsto (Kurtz, Anocibar y Oberá, 2005):

- ***Central con generador síncrono funcionando conectado a la red.*** Aunque el control de la turbina no necesita un regulador de velocidad porque la frecuencia está mantenida por la red, es conveniente su instalación. El mando del distribuidor se realiza por medio de un servo-oleohidráulico, y las órdenes de apertura y cierre proceden del regulador de nivel.

El control del generador es una regulación del factor de potencia, ya que al estar conectado a la red está fija la tensión, y la variación de la excitación modifica la potencia reactiva suministrada por el grupo.

El equipo automático de sincronización estará provisto de ajuste de velocidad y tensión del grupo, a través de un relé de sincronismo.

- ***Central con generador síncrono funcionando aislado.*** Se necesita un sistema de regulación de velocidad y de potencia, para que el control de la turbina asegure el mantenimiento de la frecuencia de la red en cualquier condición de carga.



MEMORIA

El control del generador necesita un regulador de tensión que actúe sobre la excitación del alternador, con el fin de mantener la tensión dentro de los límites admisibles.

- **Central con generador asíncrono funcionando conectada a la red.** No es necesario el control de la turbina al estar mantenida la frecuencia por la red. El mando del distribuidor se realiza mediante un servo-oleohidráulico, y las órdenes de apertura y cierre proceden del regulador de nivel. Una batería de condensadores estáticos, controlados de forma continua por medio de tiristores, efectúa el control del generador (Muñoz, Reversat y Caballero, 1996).

Para realizar la conexión del grupo a la red se necesita un detector de velocidad que proporcione una señal cuando el grupo llegue a la velocidad de sincronismo, utilizándose un relé taquimétrico mecánico o eléctrico.

PROTECCIÓN

Además de los elementos de control, deben de instalarse dispositivos de protección que deben colocarse en los distintos sistemas que componen la minicentral y la línea eléctrica, y que actúan al producirse un hecho anormal en su funcionamiento, provocando una alarma, la parada de algún grupo e incluso la parada total de la central. Esto depende del motivo que haya provocado dicha irregularidad.

Las principales causas que pueden accionar las protecciones son las siguientes (Fernández y Barboza, 2006; Montané, 1999):

Protecciones mecánicas: Embalamiento de turbina y generador, temperatura de aceite del multiplicador de velocidad, temperatura de eje y cojinetes, nivel de circulación del fluido de refrigeración, nivel mínimo hidráulico, desconexión de la bomba del aceite de regulación.

Protecciones eléctricas del generador y transformador: Intensidad máxima, retorno de potencia (máxima admitida 5% de la nominal), calentamiento del generador y/o del transformador, derivación en el estator, producción de gases en el transformador (Buchholz), nivel de tensión (entre el 85 y el 100% de la tensión nominal), nivel de frecuencia (entre 47,5 y 51 HZ).

Protecciones de la línea de media tensión: Derivación de una fase de tierra, cortocircuito o inversión de fases, sobreintensidad, red de tierra, para limitar la tensión con respecto al terreno.



6.5.2.6. Equipo eléctrico general

En toda central hidroeléctrica, es necesario un equipamiento eléctrico destinado a la transformación de tensión, la medición de los diferentes parámetros de la corriente eléctrica en la central, la conexión a la línea de salida y la distribución de la energía. Para realizar estas tareas contamos con los elementos expuestos a continuación, que se instalarán en la propia central o de forma contigua o cerca de ella en subestaciones (Edminister et al., 1997).

TRANSFORMADOR

Se trata de un elemento fundamental de cualquier central y tiene como objetivo convertir la tensión de entrada en otra distinta a la salida, consiguiendo así elevar la tensión de generación eléctrica para reducir en lo posible las pérdidas de carga durante su transporte en la línea. Dependiendo de la tensión de trabajo del generador, la transformación puede ser baja/media o media/alta tensión.

La corriente generada se induce a un voltaje relativamente pequeño, por lo que se envía al transformador de potencia que lo eleva a un valor muy alto, para que se efectúe la transmisión hasta los centros de consumo. En estos, hay subestaciones reductoras con otros transformadores que aminoran el voltaje para distribuir la corriente en la zona. Finalmente, cerca de las instalaciones del usuario ocurre una última reducción del voltaje para ajustarlo a las características del funcionamiento de los aparatos.

El transformador debe estar refrigerado, esta operación puede hacerse por convección natural o bien por circuito cerrado de aceite o silicona. En general, el transformador se instala en el interior del edificio de la central, aunque en ocasiones, por reducir la obra civil, los transformadores grandes se instalan a la intemperie.

CELDAS Y CUADROS ELÉCTRICOS

Se suelen instalar habitualmente en el interior de la central y están constituidos por diversos componentes eléctricos necesarios de regulación, control, protección y medida, entre los que se encuentran (Montané, 1999):

- Los disyuntores y seccionadores, utilizados para la conexión y desconexión a la red.
- Transformadores de equipos auxiliares, que suministran la tensión adecuada para el buen funcionamiento de estos equipos.
- Transformadores de medida, tanto de tensión como de intensidad, que proporciona los valores instantáneos de estas magnitudes en diversas partes de la instalación.



- Pararrayos o autoválvulas, que actúan como descargadores a tierra de las sobreintensidades producidas.

LÍNEA ELÉCTRICA DE INTERCONEXIÓN

Otro punto importante a tener en cuenta a la hora de diseñar y presupuestar el proyecto, es la línea eléctrica necesaria para transportar la energía producida de la central hasta los puntos de consumo, hasta los puntos de conexión con la compañía eléctrica o hasta la red de distribución. El coste de esta línea puede encarecer notablemente el proyecto, dependiendo de su longitud y de la orografía del terreno.

Las características de la red que es necesario conocer son: la frecuencia y la tensión. La primera es un dato de partida conocido (50 Hz), y la segunda puede oscilar desde 3 a 66 kV, 72 kV o incluso 132 kV, dependiendo de las condiciones del punto de conexión.

La tensión nominal de la red existente tiene gran importancia ya que implica una transformación al mismo nivel, lo que puede suponer un elevado costo si se tuviera condicionado a conectar a una línea de alta tensión

6.5.2.7. Automatización.

La automatización de una central tiene como propósito reducir los costos de operación y mantenimiento, aumentar la seguridad de los equipos y optimizar el aprovechamiento energético de la instalación.

Puede ser total, es decir, arranque, regulación y parada, incluso automatizando diversos equipos mecánicos, como los limpiarejas y compuertas, o simplemente de parada y alarma, cuando actúe alguna de las protecciones de la central. En el paso de cada secuencia, es posible programar individualmente (Kurtz, 2003):

- La vigilancia continua de todas las condiciones del proceso, con indicación de la acción a tomar, en caso de fallo.
- Emisión de órdenes de impulso.
- Fijación del tiempo de espera del paso con ajuste de tiempo individual.
- Vigilancia de las condiciones de progresión del proceso, con indicación de la acción a tomar, en caso de incumplimiento.



MEMORIA

Para su completo y correcto funcionamiento, se ha de seleccionar desde la propia minicentral, el modo de funcionamiento elegido.

- Mando automático remoto: El grupo seleccionado realizará toda la maniobra secuencial elegida (arranque/parada), incluyendo acoplamiento a la red y toma de carga, a partir de una orden telemandada.

- Mando automático local: El grupo seleccionado realizará toda la maniobra secuencial elegida, incluyendo acoplamiento a la red y toma de carga prefijada, a partir de la orden dada por un operador local.

- Automatismo paso a paso: Este modo de servicio permite realizar, bajo el control del automatismo, las secuencias seleccionadas en función del número de pasos previstos en dichas secuencias. El automatismo se detiene al finalizar cada paso. Para ejecutar el paso siguiente, deberá accionarse un pulsador de INICIAR SECUENCIA, y así sucesivamente hasta alcanzar el estado estable deseado. Este servicio es el utilizado en las pruebas de puesta en servicio y mantenimiento de la instalación.

- Mando manual paso a paso: Este modo de operación deja fuera de servicio al automatismo, controlándose la secuencia deseada a partir de las órdenes locales sobre los distintos equipos. Para controlar dicha secuencia, se prevé un sistema de conmutador de la selección y pulsador de ejecución de órdenes, que permiten la realización de cada paso.

- Fuera de servicio: el automatismo no está operativo, ni se puede realizar la operación manual paso a paso.

Una vez elegido el modo de operación, se seleccionará la secuencia deseada: Arranque o parada voluntaria o parada de emergencia del grupo, que viene provocada por una conmutación automática, no seleccionable voluntariamente, producida por un fallo de operación, o bien accionada por una orden interna.

En función de las características de los equipos existentes, se determinarán los diferentes pasos de cada secuencia y sus correspondientes tiempos de ejecución.

El criterio de progresión paso a paso de una secuencia se va desarrollando pues, a partir de unas órdenes dadas y de la confirmación de que se han cumplido en el tiempo prefijado. Las posibles anomalías que puedan surgir durante el proceso pueden ser señalizadas como:

- Alarma de secuencia: Se producirá al desaparecer cualquier condición vigilada como Alarma, o a lo largo de cualquier paso.



MEMORIA

– Secuencia detenida: Se producirá, bien voluntariamente al actuar sobre el pulsador correspondiente, bien por ausencia de cualquiera de las condiciones vigiladas que produzcan, por programación, la detención de la secuencia.

– Secuencia conmutada: Se producirá al conmutar el equipo automáticamente de una secuencia a otra, por faltar una condición que se considere, por programación, de la suficiente importancia como para llevar al grupo a su estado inicial. Esta conmutación puede realizarse bien sobre la secuencia de parada normal o bien sobre la secuencia de la parada de emergencia.

Una vez finalizada cualquier secuencia, el automatismo permanece vigilando todos los criterios previstos en su programación.

La tecnología empleada para estas funciones, puede ser convencional, más sencilla y económica, utilizando relés electromecánicos o estáticos que controlan el arranque y parada, o digital mediante técnicas informáticas basadas en microprocesadores, con sus correspondientes programaciones, que gestionarán todas las funciones de la central.

El grado y tipo de automatización depende de diversos factores, principalmente de la ubicación de la central, el tipo de central, posibilidades de regulación, costo de personal y presupuesto. Para una central ubicada cerca de un núcleo de población, con un acceso fácil y bajo costo de personal, una automatización mínima a base de relés convencionales sería suficiente; mientras que, para una central aislada con un difícil acceso y altos costos de personal, se justificaría una instalación más completa para el sistema de automatización y telemando.

En la actualidad todas las centrales de nueva construcción son totalmente automatizadas. De hecho, una de las actuaciones que se viene realizando en el sector hidroeléctrico consiste en la modernización de antiguas instalaciones en explotación para automatizar todos sus equipos y sistemas con objeto de obtener mayores rendimientos energéticos y menores gastos de explotación.

6.5.2.8. Subestación al aire libre.

Contiene al interruptor principal, que permite aislar a toda la central de la red, así como las barras de conexión, entre la salida del transformador y la línea de conexión a la red, y los transformadores propiamente dichos. Las subestaciones, en zonas de marcado valor ecológico, se ubican en el interior de la casa de máquinas y la salida de los cables de conexión a la red es subterránea, para reducir el impacto visual que producen.



6.5.2.9. Componentes auxiliares.

En una central hidroeléctrica, aparte de los equipos principales anteriormente descritos, deben existir una serie de equipos auxiliares necesarios para el correcto funcionamiento de las instalaciones.

Los equipos más comunes, que se pueden considerar como auxiliares dentro de la central, son:

- Caudalímetro o medida del nivel de agua en la cámara de carga y en el canal de descarga.
- Compuertas, rejas y limpiarejas.
- Ventilación, alumbrado normal y de emergencia y protección contra incendios.
- Red de tierra, para limitar la tensión con respecto al terreno.
- Equipo de corriente continua empleado para alimentar las bobinas de desconexión del disyuntor y otras bobinas de relés y conectores.
- Bombas para el drenaje de posibles fugas o achique en caso de inundación.
- Batería de condensadores, en caso de que exista grupo asíncrono, para mejorar el factor de potencia.
- Puente grúa, aunque en algunos casos puede ser suficiente una grúa portátil durante el montaje y operaciones de mantenimiento.
- Agua de refrigeración.



6.6. Cálculos Hidráulicos

La ingeniería hidráulica se basa en la mecánica de los fluidos, en la que en muchos casos se utilizan fórmulas empíricas, amparadas por la práctica, observación y la experiencia, debido a los problemas que suponen diferentes consideraciones que presentan los fluidos reales, como puede ser su viscosidad, que hace que sea imposible de afrontar un problema concreto por medio de su análisis matemático.

Se encarga de la proyección y ejecución de obras relacionadas con el agua, sea para su uso, como en la obtención de energía hidráulica, riego, abastecimiento, canalizaciones, etc., o sea para la ejecución o adecuación de estructuras como canales, diques, muelles, puertos entre otras construcciones.

Esta parte del estudio se centra en el diseño y cálculo que se debe de tener en cuenta para llevar a cabo las estructuras e instalaciones necesarias para la obtención de energía hidráulica destinada a la producción de energía eléctrica.

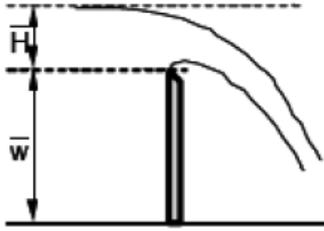
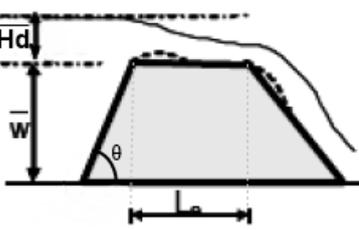
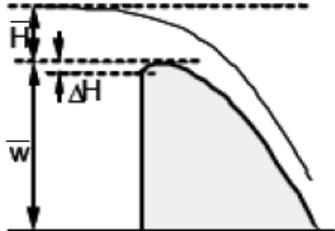
6.6.1. Aliviaderos y Compuertas

Si se quiere evitar que el caudal se desborde, poniendo en peligro la estabilidad del azud o del canal de derivación, además de prever una altura de seguridad generosa, conviene instalar uno o más aliviaderos. Son estructuras que no requieren un gran mantenimiento y se encargan de devolver el agua sobrante al propio río o a un barranco, en los lugares escogidos para ello.

La forma y tamaño del aliviadero condiciona el caudal que pasa sobre él y define la relación entre la altura de la lámina de agua, aguas arriba del aliviadero y el citado caudal. La tabla 2 recoge los caudales empíricos en función del perfil, para varios tipos de aliviadero fijo.

El aliviadero de cresta delgada es fácil de construir y barato, sin embargo, es necesario comprobar que la lámina de agua vertida, queda bien aireada en la parte superior del paramento aguas abajo. De no ser así, se producirían fuertes vibraciones. El aliviadero de coronación plana puede dar lugar a subpresiones en la misma. El aliviadero Ogee, de coronación curva, es el más efectivo; deja pasar un mayor caudal de agua por unidad de altura de lámina de agua (Chow, 1982).

Tabla 2: Caudal vertido por distintas configuraciones de aliviaderos (Chow, 1982)

Tipo	Relación de Vertido	Características
 <p>Coronación Delgada</p>	$Q = b C_d H^{3/2} \sqrt{2g}$ $C_d = 0,42$	Diseño Simple Económico Vibraciones
 <p>Coronación Plana</p>	$Q = b c_e C_d H^{3/2} \sqrt{2g}$ $c_e = 1 - \frac{2 \operatorname{sen} \theta}{9(1 + \xi_e^4)}$ $C_d = 0,42 \quad \xi_e = \frac{H-w}{L_e}$	Diseño Simple Económico Subpresiones en la coronación
 <p>Ogee</p>	$Q = b C_{dD} H^{3/2} \sqrt{2g}$ $C_{dD} = 0,494 \text{ (Para } H=H_d\text{)}$	Vertido Máximo Costoso

Siendo:

Q = Caudal vertido o evacuado

b = Anchura de la cresta del aliviadero

H = Carga del vertedero. Desnivel entre la cresta y la superficie libre aguas arriba.

g = Aceleración de la gravedad

C_d = Coeficiente de descarga. Se obtiene experimentalmente.

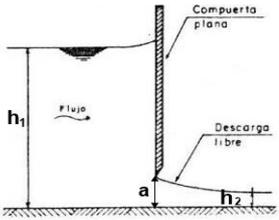
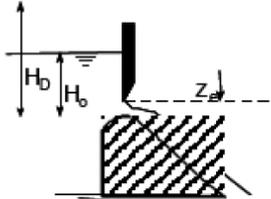
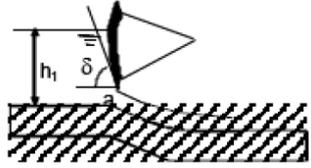
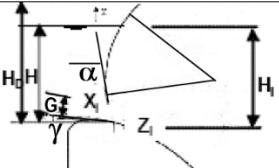
C_e, ξ_e = Coeficientes geometría.

Cuando la altura H_d de la lámina de agua es mayor que la de diseño, se produce cavitación en el paramento de aguas abajo, pudiendo llegar a dañar la pared de hormigón. Sin embargo, se ha comprobado experimentalmente que la lámina de agua no se separa de la pared hasta que la altura H es mayor que tres veces H_d (Sotelo Ávila, 1974). El valor exacto del coeficiente C_d se puede encontrar en las curvas y ábacos recogidos en Sinniger y Hager (1989).

Cuando el nivel aguas abajo es igual o mayor que la altura de la coronación, el aliviadero se halla sumergido por lo que su capacidad de vertido disminuye, y aún más, si está provisto de pilas para apoyo de las compuertas regulables. El cálculo del caudal vertido en ese caso resulta más complejo, pero puede encontrarse en la obra citada.

La instalación de compuertas móviles sobre los aliviaderos permite controlar y regular el caudal que pasa para mantener fijo el nivel del agua en la toma (Tabla 3). Las compuertas se diseñan de manera que cuando están totalmente abiertas, el caudal pase sobre la estructura, trabajando como si fuera fija, sin que el nivel aguas arriba varíe sensiblemente. El funcionamiento de las compuertas exige un mantenimiento permanente y una fuente externa de energía. Por supuesto existe riesgo de que la compuerta se bloquee durante una crecida (Álvarez Martínez y Toledo Municio, 2000).

Tabla 3: Caudal vertido en los tipos de compuertas más utilizadas (Chow, 1982)

Tipo	Relación de Vertido
 <p>Compuerta Plana. Canal Rectangular</p>	$Q = abC_d\sqrt{2gh_1}$ $C_d = C_{d0} - \exp\left[\frac{a}{2h_1}\left(1 - \frac{\delta^2}{b}\right)\right]$ $C_{d0} = 0,98 \left[\frac{4 + 5e^{-0,76-\delta}}{9}\right]$
 <p>Compuerta Plana. Aliviadero Ogee</p>	$\frac{Q_0}{Q_D} = \left[\frac{H_0^{3/2}}{H_D} - \left(\frac{H_0}{H_D} - \frac{Z_e}{H_D}\right)^{3/2}\right] \left(\frac{1}{6} + \frac{Z_e}{H_D}\right)^{1/9}$ $Q_D = bC_{dD}H^{3/2}\sqrt{2g}$ $C_{dD} = 0,494$
 <p>Compuerta Sector. Canal Rectangular</p>	$Q = abC_d\sqrt{2gh_1}$ $C_d = C_{d0} - \exp\left[\frac{a}{2h_1}\left(1 - \frac{\delta^2}{b}\right)\right]$ $C_{d0} = 0,96 \left[\frac{4 + 5e^{-0,76-\delta}}{9}\right]$
 <p>Compuerta Sector. Aliviadero Ogee</p>	$Q = H_D b G C_{dg} \sqrt{2gH_1}$ $C_{dg} = 0,90 \left(1 - \frac{\beta^2}{27^\circ}\right) \left(\frac{H}{H_D}\right)^{0,12}$ $G = \left[1 - \frac{2}{g} \left(\frac{X_1}{H_D}\right)^{3/2}\right] \left[\frac{Z_1}{H_D} + \frac{1}{2} \left(\frac{X_1}{H_D}\right)^{1,85}\right]$



Según sea el tipo de compuerta, el movimiento de accionamiento puede ser rotativo, deslizante o inclinable. El caudal que pasa por la compuerta depende, no solo del tipo, de la apertura relativa, y de la forma del labio sino también de la forma del azud en que se apoyan. Además, como sucede en las estructuras fijas, a medida que el azud comienza a sumergirse, el caudal de vertido disminuye (White, 2008).

6.6.2. Rejillas

A la entrada de la toma de agua, en la cámara de carga y a la entrada de la tubería forzada, suele instalarse una rejilla para impedir el paso de la broza y sedimentos arrastrados. Se construyen con barrotes de acero inoxidable o de plástico resistente, las cuales permiten conseguir fácilmente, ya que se fabrican mediante moldeo, un perfil hidrodinámico que minimice las pérdidas de carga.

El diseño de las rejillas está condicionado generalmente por las especificaciones del fabricante de turbinas. El espacio libre entre barras puede oscilar entre 20 – 30 mm., para las turbinas Pelton, 40 – 50 mm., para las turbinas Francis y 80 – 100 mm., que admiten las turbinas Kaplan. Debe tener una superficie neta (superficie total menos el área frontal de los barrotes) tal que, la velocidad del agua de llegada esté entre 0,60 m/s y 1,50 m/s, no superando 0,75 m/s en las tomas pequeñas o 1,75 m/s en las grandes, a fin de evitar que sean atraídos hacia ella la broza que circula por el río.

En rejas con dimensiones grandes, hay que calcular la presión que ejercería el agua sobre esta en el caso de que se colmatase, y dimensionar los perfiles transversales de apoyo para que la estructura aguante esa presión son deformaciones permanentes.

En ríos que tengan mucha broza, suelen emplearse barreras flotantes formadas por elementos metálicos recubiertos de plástico, colocadas delante de las rejas y como complemento a ellas, que interceptan tanto la broza que flota sobre la superficie del agua, como la que circula por debajo de dicha superficie (Martin Vide, 2006).

La corriente genera una turbulencia al atravesar la rejilla que se traduce en una pérdida de carga (Mataix, 1993). Aunque generalmente es pequeña, esta pérdida de carga se calcula por la ecuación de Kirchner:

$$\Delta h_r = K_r \left(\frac{t}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{V_o^2}{2g}\right) \text{Sen } \theta \quad (\text{Ec. 1})$$

Siendo

h_r : Pérdida de cara (mm)

K_r : Constante en función de la forma de las barras (Figura 68).

t : Espesor de las barras (mm)

b : Separación entre barras (mm)

B_0 : Velocidad de la corriente (m/seg)

g : Cte. de aceleración; 9,81 (m/seg²)

θ : Ángulo de la Rejilla

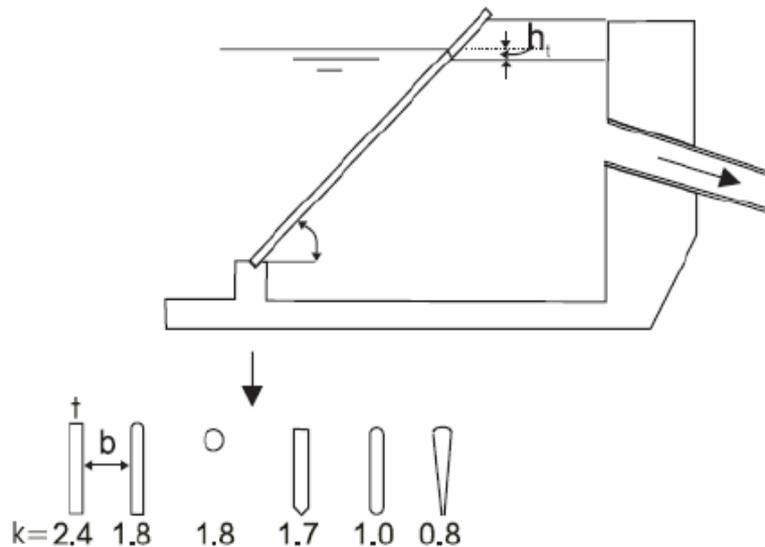


Figura 68: Rejillas Hidráulicas. Constante K en función de la forma de sus barras (Sotelo Ávila, 1974).

Si la reja no es perpendicular al flujo de la corriente, sino que forma con ella un ángulo β (el valor máximo de β sería de 90°, cuando la reja esté situada en la pared de un canal) se producirá una pérdida de carga adicional que viene dada por otro coeficiente que se puede calcular mediante la ecuación de Mosonyi:

$$K_r' = K_r \cdot \delta$$

Donde δ es el coeficiente de corrección adicional y está en función de t/b y del ángulo de inclinación β mencionado. Se muestra en la Figura siguiente (Sotelo Ávila, 1974).



MEMORIA

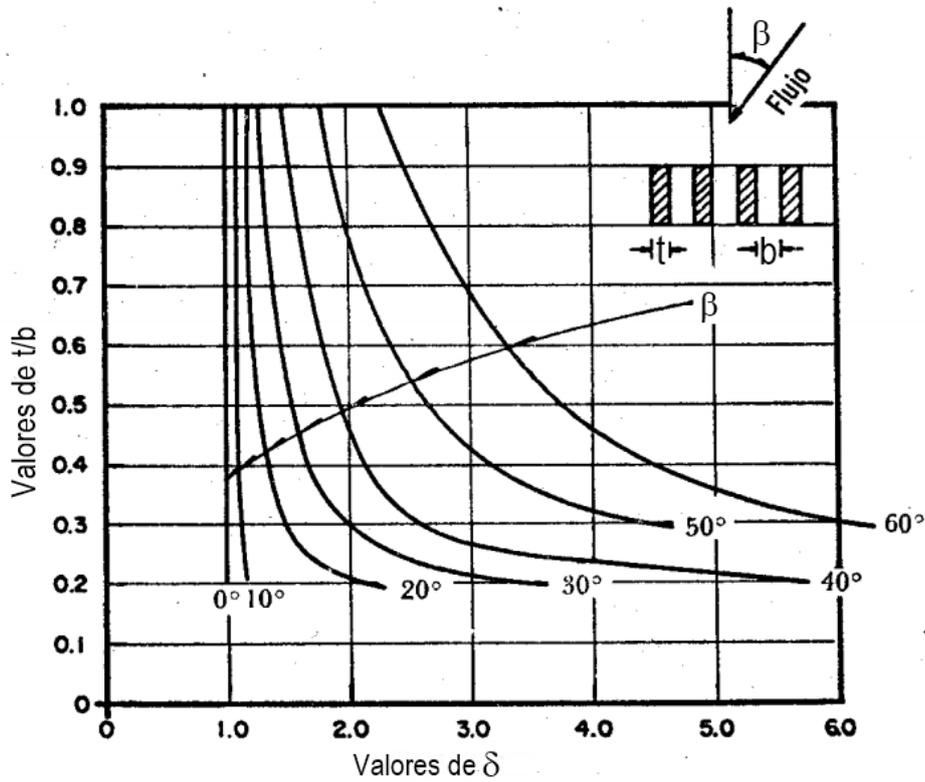


Figura 69: Valores de K_r en función del ángulo de inclinación

Así mismo, en algunas ocasiones se recomienda multiplicar también el valor del factor K de Kirschmer por otro coeficiente, si las rejillas van provistas de limpiadores automáticos. Este coeficiente varía entre 0,2 y 0,3 para rejillas sin limpiador automático, entre 0,4 y 0,5 para rejillas con limpiador automático y programador horario y entre 0,80 y 0,85 para rejillas con limpiador automático y sensor de presión diferencial.

6.6.3. Conducciones en Régimen Libre

Este tipo de conducciones, como son los ríos o los canales, en los que se centrará esta parte del proyecto, tienen siempre la superficie libre del agua que transportan en contacto con el aire exterior a presión atmosférica, habitualmente considerada como referencia de presión cero, y el caudal es impulsado por la pendiente del propio canal. Esto, por una parte, al prescindir del término de la presión, facilita su estudio y análisis, pero por otra lo complica, ya que en principio la forma de la superficie es desconocida, y dado que la profundidad cambia al cambiar las condiciones, si además se trata de flujos no estacionarios, su cálculo forma parte del problema.

6.6.3.1. Fundamentos Hidráulicos.

Para realizar la clasificación de los diferentes regímenes se utiliza, generalmente, el tiempo como criterio, siendo entonces un flujo permanente cuando en una sección determinada, el tirante no varía con el tiempo, o como variable cuando cambie, ya sea porque varíe la pendiente o la sección o porque existe un obstáculo en el canal. En este caso, el movimiento se considerará gradualmente variable si es válido un enfoque unidimensional de la velocidad y rápidamente variable si no lo es (Mosonyi, 1987).

Seguidamente, se representan los tipos de flujo descritos: permanente, gradualmente variable (GV) y rápidamente variable (RV).

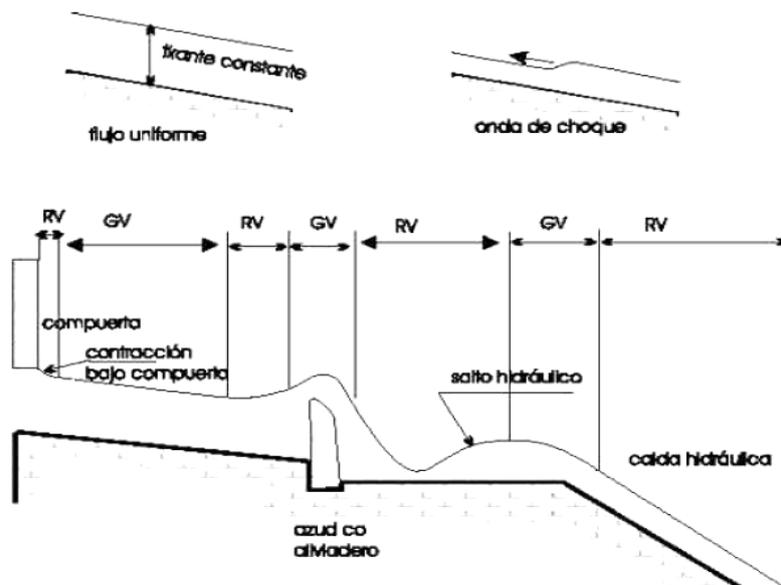


Figura 70: Tipos de flujo en conducciones abiertas (Granados, 1995).



CONSIDERACIONES DEL FLUJO UNIFORME

Para que en un canal abierto el flujo sea uniforme tiene que cumplir los siguientes requisitos:

- La línea (LNE) de nivel energético, la superficie del agua y el fondo del canal deben de ser paralelos.
- Tanto el caudal como el tirante de agua y la distribución de velocidad en todas las secciones del canal, deben permanecer constantes.

Basándose en estos conceptos encontramos la fórmula de Chezy, que fue la primera que nos permite relacionar la velocidad, y por tanto caudal, con pendiente hidráulica y por tanto pérdida de carga.

$$V = C\sqrt{R_h J} \quad (\text{Ec. 2})$$

Siendo:

C = Factor de resistencia de Chezy

R_h = Radio hidráulico, resultado de dividir el área A de la sección perpendicular a la corriente por su perímetro mojado P.

J = La pendiente del fondo del canal (que consideramos igual a la de la lámina de agua)

Muchos los investigadores han intentado encontrar una correspondencia entre el coeficiente de Chezy y la rugosidad, la forma y la pendiente de los canales. Entre ellos, Robert Manning, comparando los diversos datos conseguidos por experimentación obtuvo a la siguiente fórmula empírica:

$$C = \frac{1}{n} R_h^{\frac{1}{6}} \quad (\text{Ec. 3})$$

Siendo:

C = Factor de resistencia de Chezy

R_h = Radio hidráulico ya descrito.

n = Es conocido como el coeficiente de rugosidad de Manning, alguno de cuyos valores se muestran en la siguiente tabla:



MEMORIA

Tabla 4: Valores del coeficiente n de rugosidad de Manning en canales (Chow, 1982)

REVESTIMIENTO DEL CANAL		MÍNIMO	NORMAL	MÁXMO
Acero Liso	Sin pintar	0,011	0,012	0,014
	Pintado	0,012	0,013	0,017
Cemento	Limpio en la Superficie	0,010	0,011	0,013
	Con Mortero	0,011	0,013	0,015
Madera	Cepillada sin tratar	0,011	0,012	0,014
	Cepillada creosotada	0,011	0,012	0,015
	Planchas con listones	0,012	0,015	0,018
Hormigón	Terminado en lechada	0,013	0,015	0,016
	Sin terminar	0,014	0,017	0,020
	Gunitado	0,016	0,019	0,023
Mampostería	Piedra partida cementada	0,017	0,025	0,030
	Piedra partida suelta	0,023	0,032	0,035
	Fondo cemento, lados rip rap	0,020	0,030	0,035
De tierra (recto y uniforme)	Limpio, terminado y reciente	0,016	0,018	0,020
	Limpio con cierto uso	0,018	0,022	0,025
	Con musgo corto, poca hierba	0,022	0,027	0,033

Sustituyendo en la ecuación de Chezy el valor C, que se obtiene en la ecuación de Manning en función de la rugosidad, se consigue la fórmula de Manning aplicable a los flujos uniformes (expresadas de estas dos formas equivalentes).

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} J^{1/2} \quad ; \quad Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} J^{1/2} \quad (\text{Ec. 4})$$

Siendo:

V = Velocidad del agua en una sección del canal determinada

Q = Caudal que atraviesa la sección del canal

R_h = Radio hidráulico

J = La pendiente del fondo del canal

A = Área de la sección

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (Tabla 4).

La ecuación de Manning es la más utilizada en la actualidad, y es muy adecuada para régimen turbulento, como es el caso de canales destinados a aprovechamientos hidroeléctricos. Es el resultado de un ajuste de curvas y es, por tanto, como se ha mencionado, completamente empírica. El coeficiente n no es adimensional, por lo que solo es válido en unidades Sistema Internacional.

También hay que tener en cuenta que estas ecuaciones son solo efectivas en canales con el fondo plano. En canales aluviales, con diversas formas de fondo, el análisis es mucho más complicado.

De la ecuación del caudal en función de los parámetros geométricos, la pendiente y el coeficiente de Manning, se obtiene que para un canal de sección A dada y pendiente S_e , el caudal aumenta con el radio hidráulico. Por lo tanto, el radio hidráulico es un índice de eficacia. Ahora bien, el radio hidráulico es el cociente de la superficie A y del perímetro mojado P , por lo que el canal más eficiente será el que tenga el perímetro mojado mínimo (Temez, 1977).

DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDAD EN UNA SECCIÓN

Un canal abierto siempre tiene dos paredes laterales y una solera, en las que el flujo, debido a su viscosidad, satisface la condición de no deslizamiento, determinado en un principio bien establecido de la mecánica de fluidos que explica que una partícula de fluido en contacto con una frontera sólida estacionaria no tiene velocidad (Mott, 2006).

Este principio afecta a la débil capa de fluido que está en contacto con estas superficies y que originará ciertas pérdidas de energía que se estudiarán más adelante, pero fuera de esta capa límite, el fluido se comportará como si no tuviera viscosidad.

Por lo tanto, como consecuencia, cualquier canal, incluso uno recto, tiene una distribución tridimensional de velocidades. Se muestra a continuación las líneas de isovelocidad en diferentes secciones de canales.

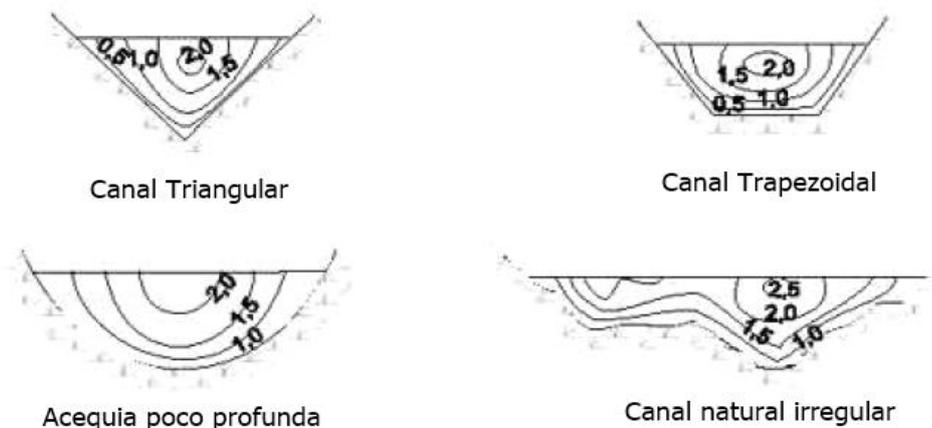


Figura 71: Distribución de velocidad de flujo en secciones de canales abiertos (Granados, 1995).



MEMORIA

El punto de vista matemático se centra en la teoría de la capa límite; el enfoque hidráulico consiste en considerar el movimiento como unidimensional tomando como velocidad circulante la velocidad media.

La distribución de velocidad en la sección depende de su geometría, en particular de su calado (Figura 71). Si examinamos el perfil de velocidades de un canal, demostramos que esta es cero en el fondo, en contacto con la base del canal, y va creciendo según asciende hacia la superficie, localizándose la máxima un poco por debajo de la misma, debido a la existencia de corrientes secundarias en la superficie, en la zona central del canal a aproximadamente $0,2h$ de la superficie libre.

Se ha comprobado experimentalmente que la velocidad media se encuentra a una distancia de la superficie de en torno a $0,6h$, siendo la media de velocidades a $0,2h$ y $0,8h$. La relación entre la velocidad en la superficie y velocidad media se puede calcular así:

$$V = k V_s$$

Tomando k valores entre $0,8$ y $0,95$, según la anchura y el calado del canal.

6.6.3.2. Análisis Energético

El comportamiento del flujo en canales abiertos, al igual que en la circulación de agua por tuberías a presión, depende y cumple la ley de conservación de la energía, satisfaciendo la ecuación de Bernoulli (Mott, 2006), según la cual, la energía total hidráulica viene dada por:

$$y + \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} = Cte \quad (\text{Ec. 5})$$

Siendo:

y = Altura del fluido desde una cota de referencia (m).

V = Velocidad del fluido en la sección considerada (m/s)

g = Aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$)

ρ = Densidad del fluido (Kg/m^3)

P = Presión del fluido (N). Este factor en este apartado se considera nulo ya que, al tratarse de canales abiertos, la presión siempre será la de la atmosférica, por lo tanto, constante.

Se observa entonces, que en un canal en el que se produce un flujo permanente e uniforme, la energía específica, de un punto uniforme de su solera, será debido a la cota respecto del punto de referencia, a la que se le añadirá la altura de presión y velocidad, dando lugar, por lo tanto, a diversas líneas que se pueden trazar (Figura 72) y que son características de un canal:

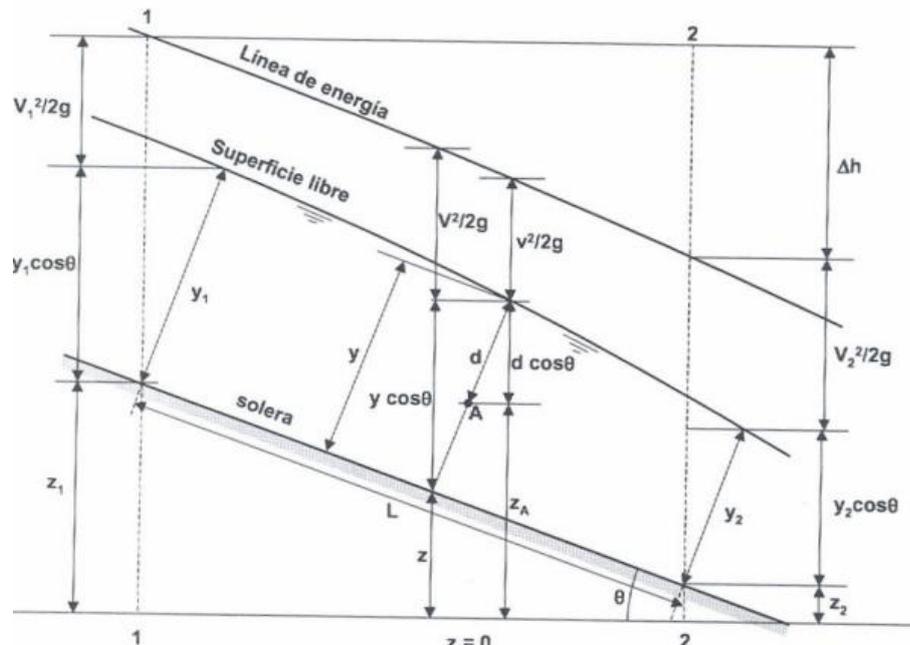


Figura 72: Análisis energético de flujo en canal abierto (Vallarino, 1997)

$$\text{LINEA DE CARGA: } y + \frac{v^2}{2g} + \Delta H = Cte$$

$$\text{LÍNEA DE ENERGÍA: } y + \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{LÍNEA PIEZOMÉTRICA: } y$$

Si expresamos la energía específica de un canal en función del caudal, y este permanece constante, la energía dependerá únicamente del calado, por lo que, podemos escribir que dicha energía vendrá dada por:

$$H = y + \frac{v^2}{2g} = y + \frac{Q^2}{(A^2 2g)} = y + \frac{Q^2}{((by)^2 2g)} \quad (\text{Ec. 6})$$

Siendo:

H = Altura línea de energía (m)

y = Calado (m)

V = Velocidad (m/s)

Q = Caudal (m^3/s)

A = Área de la Sección (m^2)

b = Base geométrica de la sección (m)

g = Aceleración de la gravedad ($9,81 m/s^2$)

La ecuación anterior (Ec. 6) se demuestra que, para una sección y un caudal dados, la energía específica es función únicamente del tirante hidráulico “ y ”. Si se dibuja la curva que representa dicha ecuación (Energía respecto a “ y ”) se obtiene una curva con dos ramas (Figura 73), la rama AC se aproxima asintóticamente al eje E y la rama AB se aproxima asintóticamente a la línea $E = y$.

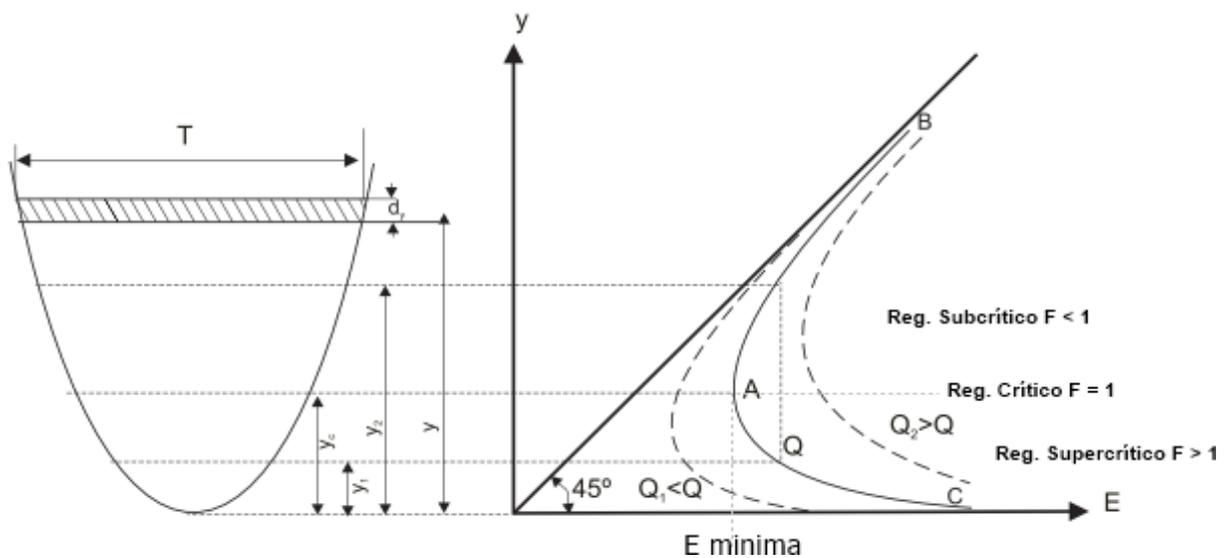


Figura 73: Líneas de energía y tipos de régimen (Vallarino, 1997).

El punto crítico A, correspondiente al calado crítico “ y ” del canal, equivale al estado de energía mínima. Este punto crítico se puede calcular mediante el número de Froude, el cual es un número adimensional que relaciona fuerzas de inercia y de gravedad, e indica el régimen en el que se encuentra un fluido en el interior de un canal.

Dicho número se puede calcular igualando a cero la derivada de la energía específica (Ec. 6) obteniendo:



MEMORIA

$$F = \frac{V}{\sqrt{Y_{med} g}} \quad (\text{Ec. 7})$$

Siendo:

V = la velocidad media

g = La aceleración de la gravedad

Y_{med} = El calado.

El régimen es lento cuando F tiene valores inferiores a 1. El régimen es crítico cuando $F=1$; El régimen es rápido, torrencial o supercrítico cuando F es superior a la unidad. Habitualmente los canales artificiales se diseñan para valores de F entre 0,4 y 0,6.

El análisis de los tirantes críticos y de los regímenes subcrítico y supercrítico permiten prever los perfiles de la superficie del agua en diversos casos (Chanson, 2002), como por ejemplo la de una inclinación en un tramo de un canal para conectarse a otro, el diseño de aliviaderos, la formación de ondas al cierre o apertura brusca de una compuerta o válvula, etc.

6.6.3.3. Pérdidas de carga debido a la Fricción.

Como se ha mencionado, en un canal se producirá una pérdida de carga debido a la fricción del fluido con las paredes del canal. Esta pérdida por fricción, se puede calcular usando la ecuación de Bernoulli, ya descrita (Ec. 6), aplicándola entre dos puntos de esta manera:

$$y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \text{Pérdidas } (\Delta H_{1-2})$$

En los canales las pérdidas de carga unitarias coinciden con la pendiente del canal, por lo que podemos escribir que:

$$J = \frac{\Delta H}{L} = I \quad (\text{Ec. 8})$$

Siendo:

J = Pendiente del canal en un tramo determinado

ΔH = Variación de altura en el tramo (m)

L= Longitud del tramo (m)

I= Pérdidas de carga unitarias (Gradiente hidráulico).

6.6.3.4. Pérdidas de carga Localizadas.

También se producen pérdidas de carga localizadas cuando existe por ejemplo un cambio de dirección en el canal, y, por lo tanto, en el flujo. Estas pérdidas se pueden calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Ec. 9})$$

Siendo:

Δh = Pérdidas producidas (m)

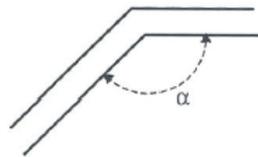
V = Velocidad del caudal (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

K = Coeficiente de forma, depende del ángulo según la siguiente tabla:

Tabla 5: Coeficiente K de forma en función del ángulo del cambio de dirección (French, 1988)

α	K
135-180	0,2
90-135	0,5
0-90	0,7



6.6.3.5. Dimensionado del Canal

El caudal que circula por un canal depende de su sección transversal, de su pendiente y de su rugosidad. En los cursos de agua naturales, estos parámetros son muy variables en el espacio y cambian a lo largo del tiempo, por lo que es muy arriesgado y poco precisa la aplicación a los mismos de las leyes de la hidráulica teórica. Sin embargo, en los canales artificiales de perfil prismático, cuyos parámetros son precisos y están bien determinados, los resultados teóricos se ajustan aceptablemente con su comportamiento real.

DISEÑO HIDRÁULICO

El régimen de corriente en un canal diseñado con fines hidroeléctricos, es siempre turbulento, por lo que se puede utilizar para su diseño, sin dificultad, la ecuación de Manning anteriormente descrita (Ec. 4), dejando el radio hidráulico en función de la sección geométrica, quedando de la siguiente manera;

$$Q = \frac{A R_h^{2/3} J^{1/2}}{n} = \frac{A^{5/3} J^{1/2}}{n P^{2/3}} \quad (\text{Ec. 10})$$



MEMORIA

Siendo:

Q = Caudal que atraviesa la sección del canal

R_h = Radio hidráulico

J = Gradiente Hidráulico o pérdida de carga por metro lineal. Suele emplearse la pendiente del fondo del canal

A = Área de la sección (m^2)

P = Perímetro mojado (m)

n = Es conocido como el coeficiente de rugosidad de Manning y sus valores más habituales se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 6: Valores habituales del coeficiente n de Manning para canales abiertos (Chow, 1982)

Revestimiento del Canal	Valor de n
Madera limpia	0,011-0,012
Madera con algas y musgo	0,015-0,017
Hormigón bien terminado	0,012-0,015
Hormigón gunitado	0,003-0,014
Tierra recto y limpio	0,022
Tierra recto y limpio pero con hierbas	0.025-0.030
Mampostería suelta	0.020-0.025
Revestido con asfalto	0.014-0.016

Se observa en la ecuación de Manning (Ec. 10), que la capacidad de transporte de un canal crece con el radio hidráulico del mismo o con la disminución del perímetro mojado, por lo que, desde una perspectiva hidráulica, existe una forma con resultados óptimos para cada perfil de canal.

Seguidamente se muestra el perfil óptimo en función del calado (Tabla 7), así como el valor de los parámetros que lo identifican, para canales de sección transversal.

Tabla 7: Perfil óptimo de canales en función del calado " y " (Chow, 1982)

Sección Transversal	Área (A)	Perímetro Mojado (P)	Radio Hidráulico (R_h)	Ancho Superficial (T)	Tirante Hidráulico (D)
Trapezoidal: Medio hexágono	$1,73 y^2$	$3,46 y$	$0,500 y$	$2,31 y$	$0,750 y$
Rectángulo: Medio cuadrado	$2 y^2$	$4 y$	$0,500 y$	$2 y$	Y
Triángulo: Medio Triángulo	y^2	$2,83 y$	$0,354 y$	$2 y$	$0,500 y$
Semicírculo	$0,5 \pi y^2$	πy	$0,500 y$	$2 y$	$0,250 \pi y$

DISEÑO GENERAL Y ELECCIÓN DE MATERIALES

Ahora bien, la sección más eficiente desde el punto de vista hidráulico, no tiene que ser necesariamente la más económica. La sección hidráulica óptima minimiza el área requerida para transportar un caudal dado, pero a veces, su construcción es más costosa, su mantenimiento más difícil y el área de excavación necesario para conseguir esa sección es considerablemente mayor. Por otra parte, la construcción de un canal de sección óptima puede no ser posible debido a los materiales disponibles, esto ocurre sobre todo en canales de tierra no revestidos (French, 1988).

Se recogen en la siguiente tabla el conjunto de secciones más comunes utilizadas, así como las expresiones que permitan calcular sus parámetros, para facilitar su dimensionamiento en el caso de que no se precise de la sección más eficiente hidráulicamente.

Tabla 8: Parámetros de secciones más utilizadas

Forma	Área (A)	Perímetro mojado (P)	Radio Hidráulico (R_h)	Ancho Superficial (T)	Tirante Hidráulico (D)
	By	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b	y
	$(b+zy)y$	$\frac{b+2y}{\sqrt{1+z^2}}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$	$\frac{(b+zy)y}{b+2zy}$
	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$	$\frac{1}{2}y$
	$\frac{1}{8}(\phi - \text{sen}\phi)D^2$	$\frac{1}{2}D$	$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\text{sen}\phi}{\phi}\right)D$	$2\sqrt{y(D-y)}$	$\frac{1}{8}\left(\frac{\phi - \text{sen}\phi}{\text{sen}\frac{\phi}{2}}\right)D$

Desde el punto de vista teórico, la sección más eficiente es la semicircular, ya que es la que tiene el perímetro mojado menor, pero un canal semicircular es costoso de construir y difícil de conservar, a no ser que se empleen secciones prefabricadas.

MEMORIA

Para canales de más sección, los perfiles más frecuentes son el rectangular en hormigón para caudales medios, y el trapezoidal, revestido o sin revestir, para grandes caudales, utilizándose habitualmente en valles. Dentro de los canales trapezoidales, el semihexágono, una sección trapezoidal con ángulo de 60° , es el que puede trasportar un mayor caudal por unidad de sección.

En algunos aprovechamientos, el canal de derivación podría construirse como una acequia excavada, o bien semiexcavada, en los que se utilizan las tierras procedentes de la excavación para recrear las orillas, creando una altura de seguridad por encima de la altura prevista de diseño (d) como se muestra (Figura 74) para hacer frente a las crecidas producidas por el cierre brusco de la compuerta en la cámara de carga, el oleaje creado por el viento o las aguas recogidas por el propio canal en épocas de fuertes lluvias.

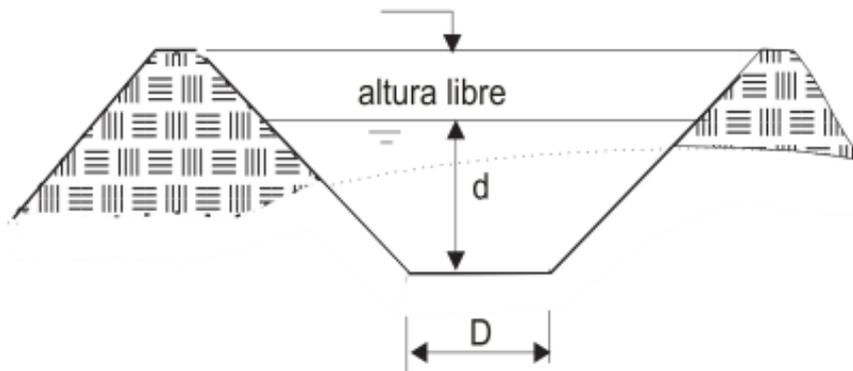


Figura 74 Altura de seguridad en canales excavados (Martin Vide, 2006)

La pendiente del talud varía en función del terreno en el que se excava. Si es rocoso puede ser prácticamente vertical; si es de arcilla dura puede llegar a ser de $1/4:1$, pero si es de tierra arenosa no se puede superar el $2:1$.

No obstante, estos canales son difíciles de conservar, pese a que su construcción sea económica, sobre todo por los problemas que plantea la erosión y la formación de algas, lo que obliga a que la velocidad no debe ser menor de $0,6 \text{ m/s} - 0,7 \text{ m/s}$, para que no se deposite la arena, y si la temperatura oscila alrededor de los 20°C , debe de ser mayor a $0,75 \text{ m/s}$ para impedir la crecida de algas (Lane, 1968).

En aprovechamientos pequeños de montaña únicamente se utilizan canales revestidos, o más frecuentemente aun, canales construidos con hormigón armado. Estos se suelen construir con sección transversal rectangular para que las losas que los recubren se vean lo menos posible y cumplir así las exigencias medioambientales que en muchos casos obligan a cubrir los canales.



MEMORIA

Para evitar fugas de agua a través de las fisuras del hormigón, se recomienda utilizar geotextiles que garanticen su estanqueidad, ya que cuando la pendiente del terreno en el que se apoya es abrupta o este es poco consistente, las fugas de agua en el canal pueden provocar su destrucción en poco tiempo.

En estos canales revestidos con hormigón, es más difícil que la velocidad produzca desgastes o daños graves debido a la erosión, por lo que la velocidad máxima podría alcanzar hasta los 10 m/s, si el agua que circula es limpia, sin embargo, las velocidades máximas aconsejadas están entre 1,5 y 3 m/s en tramos rectos, para limitar esta erosión que puedan causar los materiales en suspensión que posean. No obstante, en tramos curvos, en zonas donde se ubican compuertas, partidores, etc., la velocidad recomendada es 1 m/s. La velocidad mínima en la práctica, no debe de descender por debajo de los 0,5 m/s para evitar que decanten los sedimentos o material arrastrado como arenas o limos, ahora bien, estas velocidades solo pueden ser tomadas como guía (Chanson, 2002).

Es conveniente en todos los canales prever el margen de seguridad en su altura para que el agua no se desborde. Este resguardo debe de considerarse de entre un 5 y un 30% del calado en cualquier canal, siendo como mínimo de 10 cm en canales revestidos, y de 30 cm en canales sin revestir.

CANAL DE RETORNO

Después de ser turbinado, el agua tiene que ser restablecida al cauce del río a través de un canal, habitualmente de poca longitud, conocido como canal de retorno o de descarga.

Las turbinas de acción pueden llegar a alcanzar velocidades de salida muy elevadas, por lo que se debe de proteger el canal para que su erosión no ponga en peligro la casa de máquinas y el correcto funcionamiento de la central. Generalmente se instalan, entre la turbina y el canal, unos escudos de hormigón o una protección de riprap (Cuesta y Vallarino, 2000).

También se debe de prever que, incluso en los períodos de grandes crecidas, el nivel del agua en este canal nunca llegue al rodete de la turbina. En el caso de casas de máquinas provistas de turbinas de reacción, el nivel del agua en el canal de descarga influencia el comportamiento de la turbina ya que, si no es el correcto, puede dar lugar a fenómenos de cavitación. Ese nivel además afecta al valor de la altura de salto, por lo que, en los saltos de pequeña altura, puede llegar a hacer que el proyecto sea económicamente inviable.



PROCEDIMIENTO

Una vez se han tenido las anteriores consideraciones en cuanto a la forma, energía, velocidad y caudal, y se haya estudiado cuidadosamente la geomorfología del terreno que atraviesa, el diseño de canales revestidos, o construidos de obra, debe de seguir los pasos siguientes:

1. Estimar el valor del coeficiente n (de acuerdo con la tabla 6) y el material a utilizar.
2. Calcular el factor de forma utilizando la fórmula de Manning (Ec. 10) de la siguiente forma, sustituyendo en el primer término los parámetros del perfil escogido:

$$\frac{Q n}{J^{1/2}} = A R_h^{2/3}$$

Estos cálculos pueden resultar muy laboriosos cuando no se conoce la sección del canal ya que se deberán realizar cálculos iterativos hasta dar con la solución adecuada.

3. Si se requiere la sección hidráulica óptima, calcular los parámetros del canal según la tabla 7, o si no es el caso, según las fórmulas recogidas en la tabla 8.
4. Verificar si la velocidad mínima se encuentra dentro de los límites descritos anteriormente, para evitar sedimentaciones o formación de algas. Y de igual manera, verificar el número de Froude (F) para ver si se trata de un flujo subcrítico o supercrítico (Ec. 7).
5. Determinar la altura adicional o resguardo requerido (Figura 74).



6.6.4. Cámara de carga

Es una variante de toma de agua ubicada al final del canal hidráulico o en el propio cauce del río, cuyo diseño es más crítico que el de las tomas de agua convencionales, dado que alimenta directamente la tubería forzada, pasando de una sección rectangular, del canal de llegada o de la rejilla de la entrada a la toma, a una sección circular de la tubería.

Su diseño varía según se trate de aprovechamientos de baja o de alta caída. En los aprovechamientos de pequeño salto tiene más importancia el diseño hidráulico, ya que la pérdida de carga relativa es mucho más elevada que en los aprovechamientos con un salto grande. En estos últimos, sin embargo, podría no estar justificado el encarecimiento necesario para disminuir las pérdidas de carga, ya que serán de poca importancia en relación con la altura total del salto (Cuesta y Vallarino, 2000).

Los elementos que forman la toma y determinan las pérdidas son, principalmente:

- El perfil desde la rejilla de entrada a la cámara hasta la propia tubería, es decir, las paredes laterales, la solera y el techo, debe reducir la separación de las venas de agua, típicas en cambios bruscos de dirección, y minimizar las pérdidas de carga.
- La zona de transformación de la geometría del flujo de agua de rectangular a circular, con una pérdida mínima de carga y una buena dirección de entrada a la tubería.
- Equipos mecánicos, como rejillas, excluidores de sedimentos y compuertas y pilares para su soporte.
- Guías para dirigir correctamente la corriente de agua y mejorar el funcionamiento de la cámara.
- Inhibidores de vórtices en tomas verticales, o incluso en tomas horizontales en las que la inmersión de la tubería forzada es inadecuada.

La eficacia de la cámara está influenciada decisivamente por el perfil de transición. La velocidad de corriente a lo largo de la misma varía entre los 0,8-1,0 m/seg, a la entrada de la rejilla, ayudando a la sedimentación, hasta los 3-5 m/seg, en la tubería forzada. Un buen perfil es el que produce esta aceleración de la corriente de manera uniforme, ya que una aceleración o deceleración brusca da lugar a pérdidas de carga adicionales y a la separación de la vena de agua. Por lo tanto, habría que modificar gradualmente la sección para minimizar las pérdidas, lo que da lugar a cámaras largas y consecuentemente caras.



MEMORIA

Esta relación de la longitud de la cámara y la forma del perfil en el aumento o disminución de las pérdidas de carga, ha sido ya objeto de estudio, llegando a la conclusión mediante análisis costo/beneficio, de que las pérdidas de carga producidas por la longitud, no son suficientemente importantes como para contribuir decisivamente y recomendar un diseño muy optimizado, sino que conducen al diseño de una cámara compacta (White, 2008).

Se puede, por tanto, obtener una aproximación de la pérdida de carga, para las cámaras comunes con 1 o 2 planos diferentes en su zona de transición, con la siguiente expresión:

$$\Delta H = 0,19 \frac{V_1}{2g} \quad (\text{Ec. 11})$$

Siendo:

ΔH = Pérdida de carga (m).

V_1 = La velocidad de corriente en la tubería (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2).

Así mismo, hay que tener en cuenta que el cambio de una sección, prismática a otra circular, puede producir vórtices (Mott, 2006), dando lugar a:

- Introducción de aire en el circuito, creando condiciones desfavorables para la turbina: vibraciones, cavitación, desequilibrio de esfuerzos, etc., sobre todo a las de hélice y a las de configuración en pozo.
- Desigualdades en la distribución de la corriente.
- Aumento de las pérdidas de carga.
- Arrastre de broza hacia la tubería.

Los criterios para evitar la vorticidad no están bien definidos, pero se relacionan con la orientación y la profundidad de la toma bajo el agua. Cuanto más profunda esté la entrada a la tubería y cuanto mayor sea la simetría del flujo en la toma, menor será la posibilidad de que se formen (Allen, 2008). Una disposición asimétrica (Figura 75a) será más propicia a la formación de vórtices que una disposición simétrica (Figura 75b).

MEMORIA

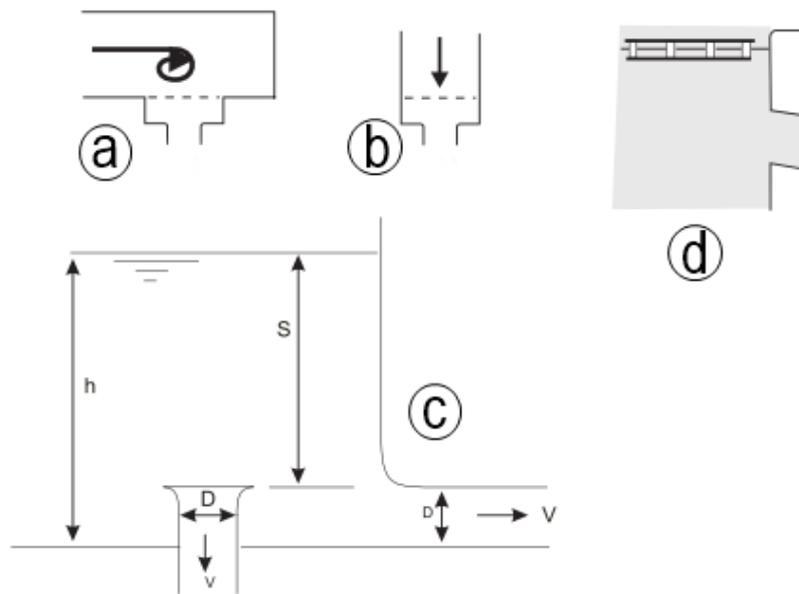


Figura 75: Vorticidad en diversas disposiciones de tubería (Allen, 2008).

Los estudios llevados a cabo, por Gulliver, Rindels y Lindblom en 1986, en los laboratorios hidráulicos de St. Anthony Falls sugieren que no es previsible que se formen vórtices, cuando (Figura 75c).

$$S > 0,7 D \quad F = \frac{v}{\sqrt{gD}} < 0,5$$

Siendo:

S y D = Dimensiones geométricas mostradas en la Figura 75.

F = Número de Froude (Ec. 7).

v = Velocidad de la corriente en la tubería (m/s).

g = Aceleración de la gravedad (m/s²).

Si pese a todo, al poner en marcha la planta se observa formación de vórtices cuando ya no se puede variar la inmersión de la tubería ni aumentar su diámetro, la situación se puede mejorar colocando una plataforma semi-flotante de madera por encima de la entrada (Figura 75d).

6.6.5. Conducciones bajo Presión.

Este tipo de conducciones, como son las tuberías forzadas, tienen el objetivo de transportar bajo presión el caudal de agua desde la cámara de carga, o toma de agua, hasta la turbina en la casa de máquinas. Se pueden instalar sobre o bajo el terreno, según sea la naturaleza de éste, el material de la tubería, la temperatura ambiente y las exigencias medioambientales del entorno. Su diseño no es tarea fácil debido a las consideraciones y exigencias que deben de tenerse en cuenta para un correcto funcionamiento, como se expone en este apartado del documento.

6.6.5.1. Fundamentos Hidráulicos.

Un fluido circulando por una conducción a presión puede presentar variaciones en su régimen, al igual que sucedía con las conducciones abiertas, dependiendo de su velocidad.

Osborne Reynolds observó que, cuando el agua fluye con un hilo de tinta y una velocidad suficientemente baja en un tubo de cristal, el flujo presenta un comportamiento típicamente laminar. El agua circula formando múltiples tubos concéntricos, de pared muy delgada, cuyo exterior se adhiere a la pared del tubo real, mientras que, cada tubo virtual siguiente, se desliza a una velocidad ligeramente mayor que el anterior, hasta alcanzar el máximo en el centro del tubo (Azevedo Netto, 1966). Por tanto, la distribución de velocidades adquiere la forma de un paraboloide de revolución (Figura 76), cuya velocidad media será del cincuenta por ciento del valor máximo en el eje central del tubo.

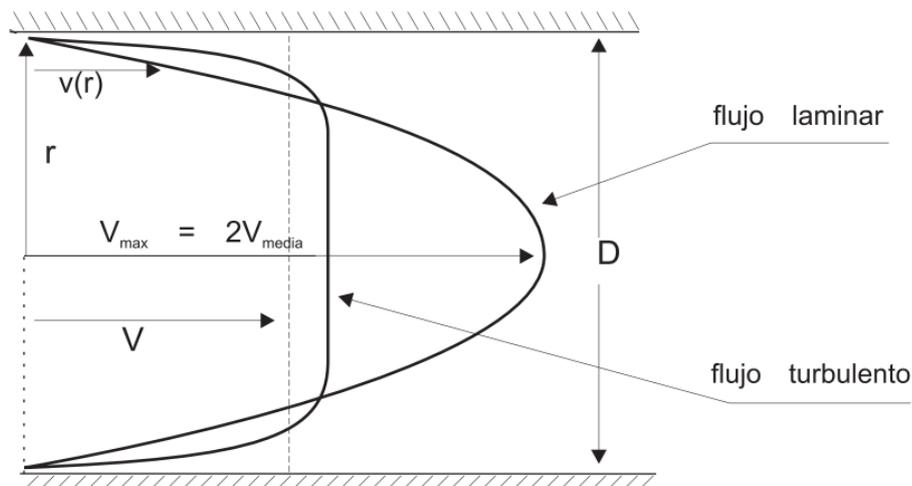


Figura 76: Distribución de velocidades en conducciones a presión (Vallarino, 1997)



MEMORIA

Si la velocidad del agua circulante aumenta, llega un momento en el que el hilo de tinta se rompe bruscamente. Las partículas situadas más próximas a la pared del tubo, frenan a las que circulan a mayor velocidad por el interior. En ese momento el flujo pasa de ser laminar a turbulento, y la distribución de velocidad se volvería más plana.

Reynolds encontró que este punto, en el que se pasa de flujo laminar a flujo turbulento, venía determinado por un número adimensional R_e , denominado número de Reynolds, que, en el caso de un tubo de sección circular, viene dado por la siguiente expresión:

$$R_e = \frac{\rho DV}{\mu} = \frac{DV}{\nu} \quad (\text{Ec. 12})$$

Siendo:

ρ = Densidad del fluido (Kg/m^3).

D = Diámetro del tubo (m).

V = Velocidad media (m/seg).

μ = Coeficiente de viscosidad del líquido ($\text{Kg}/\text{m}\cdot\text{seg}$).

ν = Viscosidad cinemática del fluido (m^2/seg).

Experimentalmente, se ha observado que, en un fluido que circula por un tubo de sección circular y paredes lisas, la transición de flujo laminar a flujo turbulento ocurre aproximadamente cuando R_e alcanza el valor 2000. Realmente, esta transición no siempre ocurre estrictamente para $R_e = 2000$, sino que varía con las condiciones en las que se realiza el experimento, por lo que en realidad existe una zona de transición en lugar de un punto (Temez, 1977).

La viscosidad del agua circulando por el interior de un tubo, hace que este experimente una pérdida de energía h_f , que es debida a:

- La fricción contra las paredes del tubo.
- La disipación viscosa como consecuencia de la fricción interna del flujo.

La fricción contra las paredes viene condicionada por su rugosidad y por el gradiente de velocidad (dV/dr) en sus proximidades.



En la Figura 76 se refleja que el gradiente de velocidad, en las proximidades de la pared, es mayor en el flujo turbulento que en el laminar. Por tanto, si el número de Reynolds aumenta, se debe esperar un aumento también de la fricción. Al mismo tiempo, al aumentar la turbulencia aumenta el entremezclado de partículas, y por lo tanto la disipación viscosa en el flujo. Por todo ello la pérdida de carga en régimen turbulento es siempre mayor que en régimen laminar.

6.6.5.2. Análisis Energético

El cálculo de la energía contenida, en un fluido incompresible que circule por el interior de un tubo, en un punto determinado, se puede realizar también mediante la ecuación de Bernoulli ya mencionada (Ec. 5), y es la suma total de la energía potencial h_1 , la energía cinética $V_1^2/2g$ y la energía de presión (P_1/γ):

$$H_1 = h_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma}$$

Siendo:

H_1 = Energía total (m).

h_1 = Elevación de la línea de corriente sobre un plano de referencia (m).

V = Velocidad de la línea de corriente (m/s).

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2).

P = Presión (N).

γ = Peso específico del fluido (N/m^3).

Si se aplica la ecuación de Bernoulli a un fluido real en dos puntos de su recorrido, se obtiene que:

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + h_f \quad (\text{Ec. 13})$$

En la que h_f representa la energía perdida en el tramo analizado, principalmente como consecuencia de la fricción del fluido contra las paredes del tubo y, en menor medida, de la fricción interna debida a la turbulencia.

Se muestra a continuación (Figura 77), la línea de altura motriz (LAM), y la línea de nivel energético (LNE).

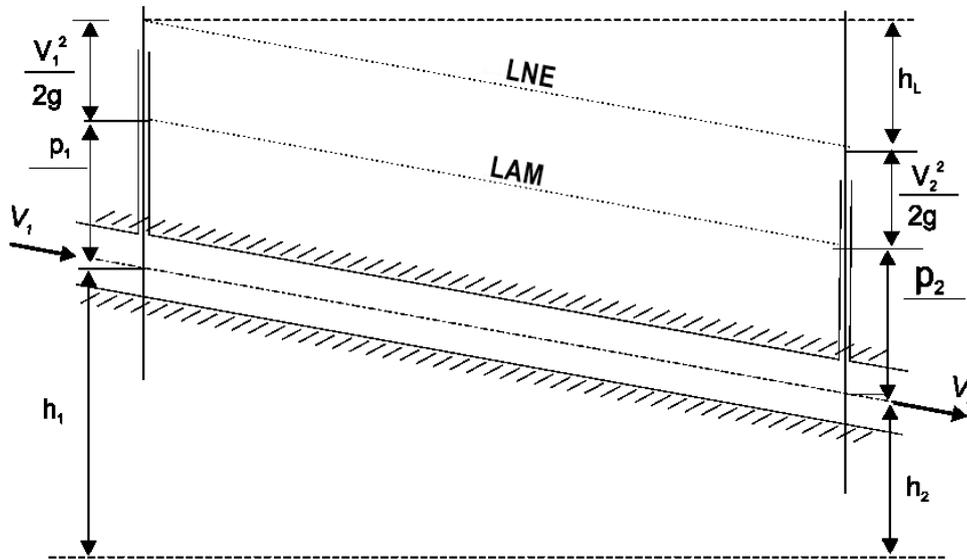


Figura 77: Análisis energético de flujo en conducción cerrada (Temez, 1977)

Si la sección del tubo es constante, y ambas líneas serán paralelas. El problema que se plantea en la ingeniería hidráulica de los fluidos reales es, precisamente, como evaluar la pérdida de carga por fricción o turbulencia, h_f , descrita. Para ello se estudia más detalladamente en el siguiente apartado.

6.6.5.3. Pérdidas de Carga por Fricción

Para calcular las pérdidas de carga más importantes que sufre el agua dentro de la tubería, Darcy y Weisbach formularon la siguiente ecuación utilizando la metodología de los volúmenes de control, la cual se basa en un cierto volumen en el interior del tubo, ubicado entre dos secciones perpendiculares a su eje, al que se aplica el principio de conservación de masa, válida tanto para flujos laminares como turbulentos, circulando en conductos de sección transversal arbitraria (Mott, 2006).

$$h_f = f \frac{LV^2}{D2g} \quad (\text{Ec. 14})$$

Siendo:

f = Factor de fricción, es un número adimensional.

L = Longitud del tubo (m).



MEMORIA

D = Diámetro del tubo en m. Si el conducto no es de sección circular, D se computa como el resultado de dividir el área A de la sección por la cuarta parte del perímetro p : $D=4A/p$.

V = Velocidad media (m/s).

g = Constante gravitacional (9,81 m/s²).

Se observa entonces que la pérdida de carga continua es directamente proporcional a la velocidad del líquido y a la longitud del tramo de tubería que estamos considerando, e inversamente proporcional a su diámetro.

El factor de fricción f se calcula en función del tipo de flujo. Si el flujo es laminar, se calcula directamente mediante la ecuación:

$$f = \frac{64 v}{DV} = \frac{64}{Re} \quad (\text{Ec. 15})$$

Siendo:

Re = Numero de Reynolds.

D = Diámetro del tubo (m).

V = Velocidad media (m/seg).

v = Viscosidad cinemática del fluido (m²/seg).

Como se ve, el factor de fricción f , en régimen laminar, es independiente de la rugosidad de las paredes, e inversamente proporcional a Re . El hecho de que f disminuya al aumentar Re , no debe llevar al equívoco de pensar que la fricción disminuye con la velocidad. Se observa que, incluso para valores de $Re \gg 3000$ correspondiente a un régimen claramente turbulento, en las proximidades de la pared de la tubería existe una capa de fluido muy delgada conocida como subcapa laminar, cuyo espesor disminuye al aumentar Re , pero no desaparece (Fernández, 1997).

En tubos hidráulicamente lisos, es decir, su rugosidad es menor que el espesor de esa subcapa descrita, el factor de fricción f tampoco está condicionado por la rugosidad del tubo. Von Karman, utilizando la ecuación logarítmica de la capa límite, encontró la siguiente ecuación que permite calcular f en este tipo de tuberías:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \left(\frac{Re \sqrt{f}}{2,51} \right) \quad (\text{Ec. 16})$$



MEMORIA

Para valores muy altos de Reynolds, el espesor de la subcapa se reduce considerablemente, y el factor de fricción es independiente de Re , en este caso, está en función únicamente de la rugosidad relativa e/D . En este régimen el tubo es hidráulicamente rugoso y Von Karman dedujo que, para este caso, el factor f se podía expresar por la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \left(3,7 \frac{D}{e} \right) \quad (\text{Ec. 17})$$

Entre estas dos situaciones, se encuentra la tubería que no es ni completamente lisa ni completamente rugosa. Así que, Colebrook y White combinaron la ecuación para tubos lisos (Ec. 16) con la del flujo dominado por la rugosidad (Ec. 17), para obtener la fórmula que cubriera ambos tipos y también la zona de transición mencionada:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \left(\frac{e/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right) \quad (\text{Ec. 18})$$

Siendo:

f = Factor de fricción.

Re = Numero de Reynolds.

D = Diámetro del tubo (mm).

e = Espesor de la tubería (mm).

Resulta bastante complejo resolver estas fórmulas, anteriormente descritas, a mano, ya que se requiere un laborioso proceso de cálculo iterativo, por lo que Moody, en 1944, las representó gráficamente en lo que se conoce como diagrama de Moody, representado a continuación (Figura 78), en la que se diferencian cinco zonas:

1. Una zona laminar en la que f es una función lineal del número de Reynolds.
2. Una zona crítica, con definición algo confusa, en la que el régimen no es ni turbulento ni laminar y en la que no se encuentran valores de f .
3. Una zona de transición en la que f depende del número de Reynolds y de la rugosidad e/D .
4. Una línea que corresponde a los tubos lisos.
5. Una zona plenamente turbulenta en la que f depende solamente del valor e/D de la rugosidad.



MEMORIA

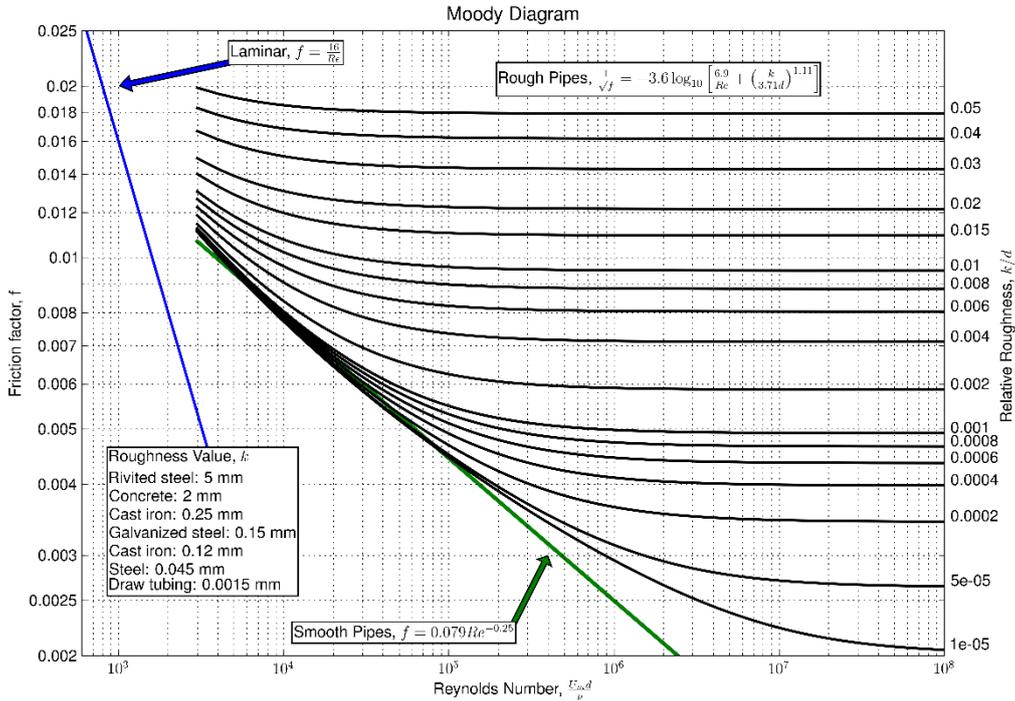


Figura 78: Diagrama de Moody. Factor de fricción (f) en función del número de Reynolds (Re).
(Modificada de Pulido Carrillo, 1999)

Seguidamente se anexa un diagrama de Moody más completo y exacto (Figura 79), ya que el anterior solo sirve a efectos descriptivos, pero no es aplicable para la estimación de los valores.



MEMORIA

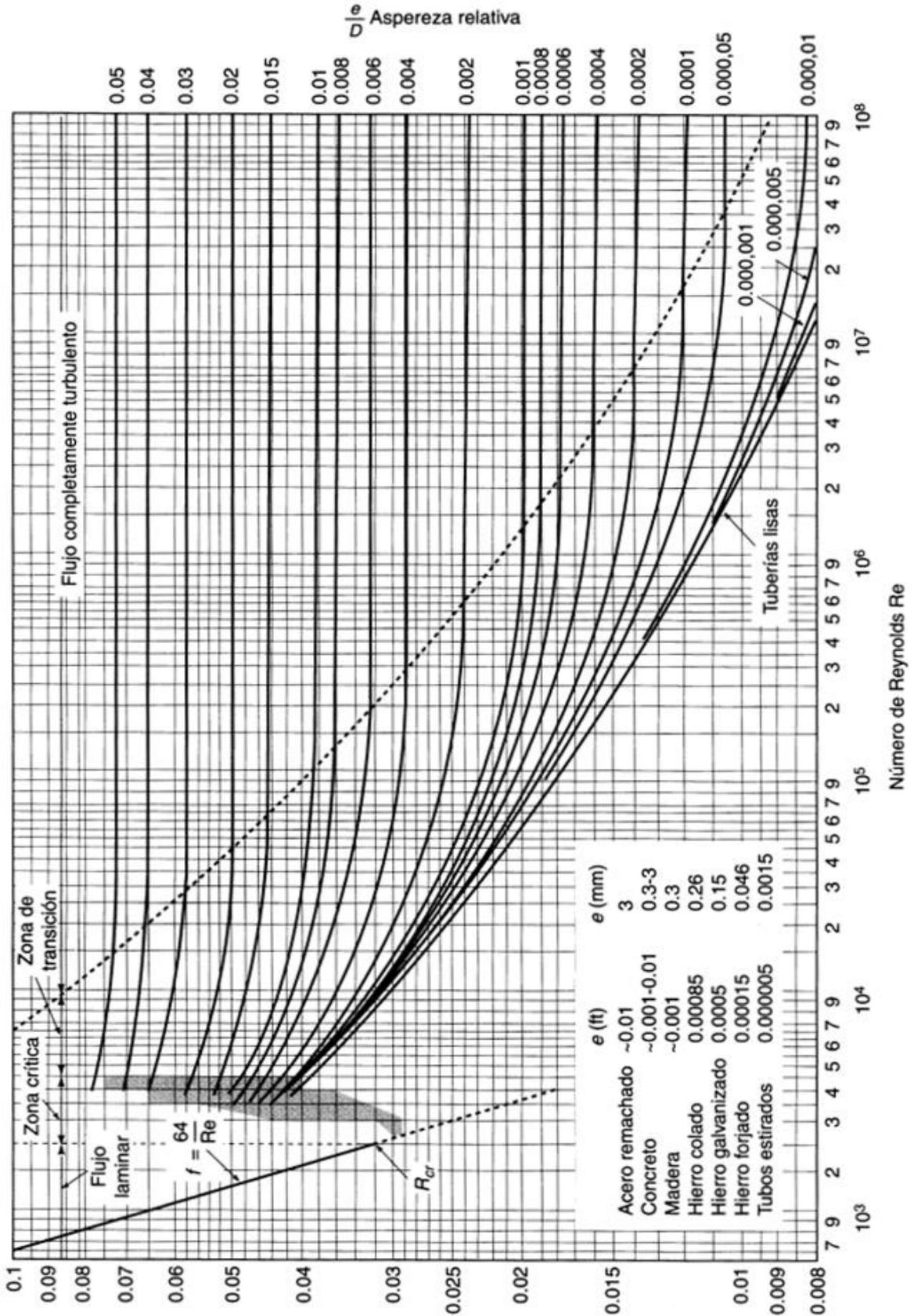


Figura 79: Diagrama de Moody completo. (Pulido Carrillo, 1999)



MEMORIA

El mismo Moody, a partir de ensayos ejecutados con tuberías comerciales, recogió los valores típicos de rugosidad absoluta e, tal como Figuran en la tabla 9.

Tabla 9: Valores de rugosidad absoluta (e) según Moody.

Tipo de Tubo	e (mm)
Tubería de polietileno	0,003
Tubería de fibra de vidrio con resina epoxy	0,003
Tubería de acero estirado sin costura (nuevo)	0,025
Tubería de acero estirado sin costura (ligeramente oxidado)	0,250
Tubería de acero estirado sin costura (galvanizado)	0,150
Tubería de acero soldado	0,600
Tubería de hierro fundido protegido con barniz centrifugado	0,120
Tubería de Uralita	0,025
Tubería de duelas de madera	0,600
Tubería de hormigón colado in situ/encofrado metálico	0,360

La pérdida de carga h_c , según la fórmula de Darcy y Weisbach vista anteriormente (Ec. 14), es directamente proporcional al coeficiente de fricción f . El problema reside, por tanto, en calcular f .

Entonces, como se ha explicado, si el flujo es laminar, $Re < 3000$, f se calcula directamente por la expresión mostrada (Ec. 15). Si el flujo es turbulento tendremos que acudir a la fórmula de Colebrook-White (Ec. 18), que se debería resolver mediante cálculos iterativos. Uno de los métodos empleados para resolver estas iteraciones es el de Newton-Raphson (Steven y Raymond, 2007), mediante el cual, empleando una hoja electrónica, y partiendo de un valor estimado de f , se obtiene un valor muy próximo al real, en muy pocas operaciones.

En la práctica, los principales problemas que se plantean son (Agüera Soriano, 1996):

- Calcular la pérdida de carga en una tubería (o en general en un tubo o conducto cerrado) con un diámetro, una longitud y una rugosidad determinados, por el que pasa un caudal dado.
- Calcular la velocidad máxima del agua circulando en un tubo de diámetro, longitud y rugosidad determinados para que la pérdida de carga no supere un límite dado.

Para resolver el primer problema, no habría más que seguir las ecuaciones y el procedimiento descrito, es decir, con la velocidad de circulación, calcular f en función de los parámetros del tubo y del régimen en el que se encuentre, y con ello sustituir en la expresión de la pérdida de carga (Ec. 14) que nos dará la pérdida buscada.



Para resolver el segundo caso, se hace uso de una variable independiente μ , mostrada a continuación, y sustituyendo R_e y f por su valor correspondiente (Ec. 12 y 14 respectivamente) se llega a la ecuación:

$$\mu = \frac{1}{2} f R_e^2 = \frac{g D^3 h_f}{L v^2} \quad (\text{Ec. 19})$$

En la que, introduciendo D , L y h_f se obtiene μ , y basta despejar f en la ecuación anterior, y sustituirlo en la ecuación 18 para obtener:

$$R_e = -2\sqrt{2\mu} \log\left(\frac{e/D}{3,7} + \frac{2,51}{\sqrt{2\mu}}\right) \quad (\text{Ec. 20})$$

Expresión que permite dibujar la evolución de R_e en función de μ para diferentes valores de e/D , tal y como se ve a continuación (Figura 80), que constituye una variante del diagrama de Moody.

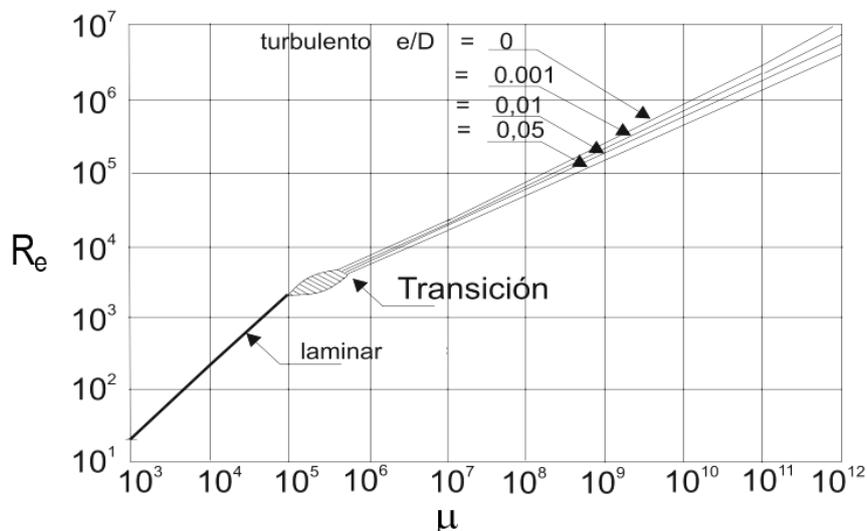


Figura 80: Evolución de Reynolds. Variante del diagrama de Moody (Delgado Ramos, 2003)

FÓRMULAS EMPÍRICAS.

A lo largo de la historia se han desarrollado un buen número de ecuaciones empíricas, para el cálculo de las pérdidas de carga, obtenidas como resultado de la experiencia. Por lo general, carecen de coherencia dimensional y no se apoyan en principios científicos sólidos sino en conocimientos intuitivos que permiten deducir que, la resistencia al paso de un flujo por un tubo es (Potter et al., 2002):



MEMORIA

- Independiente de la presión del agua.
- Linealmente proporcional a su longitud.
- Inversamente proporcional a una potencia determinada del diámetro.
- Proporcional a una potencia determinada de la velocidad.
- Está influida por la rugosidad de las paredes si el régimen es turbulento.

Una formula muy utilizada para la circulación en canales abiertos, pero aplicable también a la circulación en tuberías, es la desarrollada por Manning:

$$Q = \frac{A R_h^{2/3} J^{1/2}}{n} = \frac{A^{5/3} J^{1/2}}{n P^{2/3}} \quad (\text{Ec. 21})$$

Aplicado a un tubo de sección circular lleno, esta fórmula queda:

$$J = \frac{10,29 n^2 Q^2}{D^{16/3}} \quad (\text{Ec. 22})$$

Siendo:

Q = Caudal que atraviesa la sección del canal (m³/s)

R_h= Radio hidráulico (m).

J= Gradiente Hidráulico o pérdida de carga por metro lineal.

D= Diámetro (m)

A = Área de la sección (m²)

P = Perímetro mojado (m)

n = Es conocido como el coeficiente de rugosidad de Manning y sus valores obtenidos experimentalmente se recogen a continuación (Tabla 10).

Tabla 10: Valores de rugosidad n de Manning para tuberías (Lázaro López, 1997)

Tipo de tubo	n de Manning
Tubería de acero soldado	0,012
Tubería de polietileno PE	0,009
Tubería de PVC	0,009
Tubería de Uralita	0,011
Tubería de hierro dúctil	0,015
Tubería de hierro fundido	0,014
Tubería de duelas de madera creosotadas	0,012
Tubería de hormigón colado in situ (encofrado metálico)	0,014



MEMORIA

Comparando las dos formas estudiadas de calcular la pérdida de carga, se distingue que, la ecuación de Manning da valores algo mayores que la de Colebrook, en el caso de tratarse de tuberías con diámetros pequeños. De hecho, ambas fórmulas dan resultados coincidentes para valores de $e/D=9,17E^{-3}$ y para valores de e/D entre $9E^{-4}$ y $5E^{-2}$, en plena zona turbulenta, los resultados varían en menos de un 5% (White, 2008).

En los EE.UU. para tuberías de más de 5 cm de diámetro y velocidades inferiores a 3 m/s se utiliza la fórmula de Hazen-Williams, cuya expresión es:

$$h_f = \frac{6,87 L}{D^{1,165}} \left(\frac{V}{C}\right)^{1,85} \quad (\text{Ec. 23})$$

Siendo:

V = Velocidad (m/s)

D = Diámetro (m)

L = Longitud de la tubería (m).

C = Coeficiente de Hazen-Williams, cuyo valor correspondiente a varios materiales se muestran seguidamente (Tabla 11). La ecuación permite calcular directamente la pérdida de carga, con la ayuda de una simple calculadora.

Tabla 11: Valores del coeficiente Hazen-Williams (Mayol Mallorca, 1981).

Tipo de Tubería		C
Uralita		140
Hierro Fundido	Nuevo	130
	10 años	107-113
	20 años	89-100
	30 años	75-90
	40 años	64-83
Hormigón	Con encofrado de acero	140
	Con encofrado de madera	120
	Centrifugado	135
Acero	Revestido de alquitrán	150
	Nuevo sin revestir	150
	Roblonado	110
Madera en dovelas		120
Plástico (PE, PVC)		140-150



6.6.5.4. Pérdidas de Carga por Turbulencia (localizadas)

Una corriente que circule en régimen turbulento por un sistema de tuberías, con sus entradas, codos, válvulas y demás accesorios, soporta, además de las pérdidas por fricción y de las rejillas ya mencionadas, unas pérdidas por disipación de la viscosidad que es necesario analizar.

Existe muy poca teoría disponible debido a la complicación de la configuración del flujo, por lo que, habitualmente, las pérdidas se calculan a partir de un coeficiente K adimensional, obtenido experimentalmente para los diferentes componentes que las ocasionan (Ortiz, 2001), como cociente de la pérdida de carga (Δh) y la altura cinética ($V^2/2g$), ambas en metros, de la siguiente forma:

$$K = \frac{\Delta h}{(V^2/2g)} \quad (\text{Ec. 24})$$

A continuación, se recogen los más comunes valores del coeficiente K estimados de forma aproximada (tabla 12), pero posteriormente se detalla el cálculo para cada caso en particular.

Tabla 12: Valor del coeficiente K en cada componente

Singularidad	Coficiente K aproximado
Válvula de compuerta totalmente abierta	0,2
Válvula de compuerta mitad abierta	5,6
Válvula de pie	2,5
Curva de 90°	1
Curva de 45°	0,4
Entrada de tubería (emboque)	0,5
Salida de tubería	1
Ensanchamiento brusco	$(1-(d_1^2/D_2^2))^2$
Contracción brusca	$0,5 (1- (d_1^2/D_2^2))$

**PÉRDIDA POR CONTRACCIÓN O EXPANSIÓN DE LA VENA.**

Una repentina contracción de la vena líquida ocasiona un incremento de velocidad, que genera una pérdida de carga y un aumento de la pérdida de energía asociada a la turbulencia (Potter et al., 2002). Por el momento es imposible elaborar un análisis matemático exacto de este fenómeno, como ya en varias ocasiones mencionadas, debido a la complejidad del modelo del flujo.

La pérdida de carga adicional Δh_c se calcula por la ecuación:

$$\Delta h_c = K_c \left(\frac{V_2^2}{2g} \right) \quad (\text{Ec. 25})$$

Siendo:

Δh_c = Pérdida debido a la contracción súbita (m)

V_2 = Velocidad en el tramo de menor diámetro (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

K_c = Coeficiente experimental que está en función de d/D . Hasta un valor $d/D = 0,76$ viene dado, aproximadamente, por la fórmula:

$$K_c \approx 0,42 \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right) \quad (\text{Ec. 26})$$

Siendo:

d = Diámetro menor (m)

D = Diámetro mayor (m)

A partir de dicha ecuación, se comprueba que K_c tiene los mismos valores que K_{ex} en el caso de expansión súbita, en la cual, la pérdida viene dada por la ecuación:

$$\Delta h_{ex} = K_{ex} \frac{(V_1^2 - V_2^2)}{2g} = \left(1 - \frac{V_2}{V_1} \right)^2 \left(\frac{V_1^2}{2g} \right) = \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right)^2 \left(\frac{V_1^2}{2g} \right) \quad (\text{Ec. 27})$$

Siendo:

Δh_{ex} = Pérdida debido a la expansión súbita (m)

V_1 = Velocidad en el tramo de menor diámetro (m/s)

V_2 = Velocidad en el tramo de mayor diámetro (m/s)

d = Diámetro menor (m)

D = Diámetro mayor (m)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

Seguidamente se observa una representación gráfica (Figura 81), del valor de los coeficientes K que se ajustan a los datos obtenidos experimentalmente.

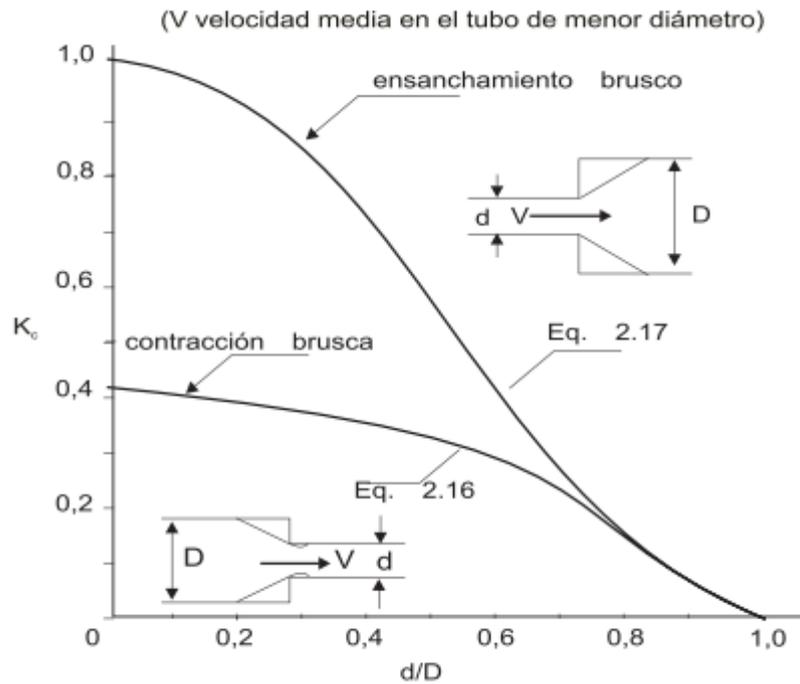


Figura 81: Valor de K por contracción o expansión de la vena (White, 2008)

Tabla 13: Valor de K en cambio de sección gradual

Angulo de Contracción	K_c
30	0,02
45	0,04
60	0,07

Si el ensanchamiento o la contracción son graduales, las pérdidas se reducen considerablemente, como muestran los siguientes valores conseguidos experimentalmente para el caso de la contracción gradual.

PÉRDIDAS EN EMBOQUES Y SALIDAS DE TUBERÍAS

En el caso del difusor, o salida del flujo desde una tubería, es un caso de expansión brusca máxima y el análisis se vuelve más complejo. La Figura siguiente es una representación gráfica de K'_{ex} en función del ángulo α del difusor. La pérdida de carga viene dada por la expresión anteriormente mostrada (Ec. 27) para pérdidas por expansión de vena.

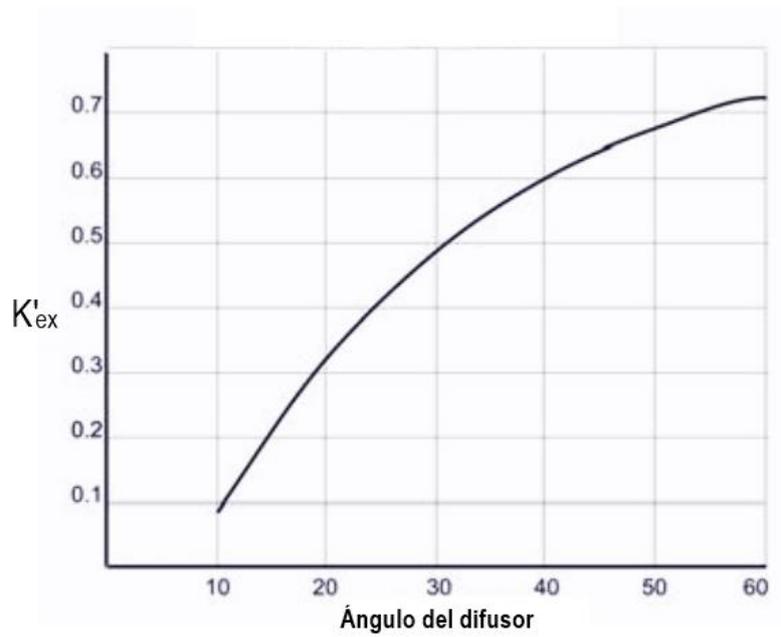


Figura 82: Coeficiente K en función del ángulo del difusor (Mataix, 1993)

Si fuera el caso de una tubería sumergida descargando en un depósito, se trataría de un caso extremo de expansión súbita, en el depósito la velocidad se estimaría nula debido a su tamaño y la pérdida de carga vendría dada por la ecuación 25, ya que la componente de la velocidad sería únicamente la de circulación por la tubería (Agüera Soriano, 1996).

Por el contrario, la embocadura o entrada a una tubería desde un depósito, por ejemplo, en la cámara de carga, es un caso extremo de contracción de vena. Para una entrada en escuadra, en la que el tubo está alineado con la pared (Figura 83-b), se puede calcular la pérdida de carga aplicando la expresión para la contracción de vena (Ec. 25) tomando como valor para K_c el correspondiente al ratio $d/D = 0$.

Los valores aproximados del coeficiente K_e en las diferentes configuraciones de conexión del tubo al depósito (Mott, 2006), son los indicados a continuación (Figura 83).

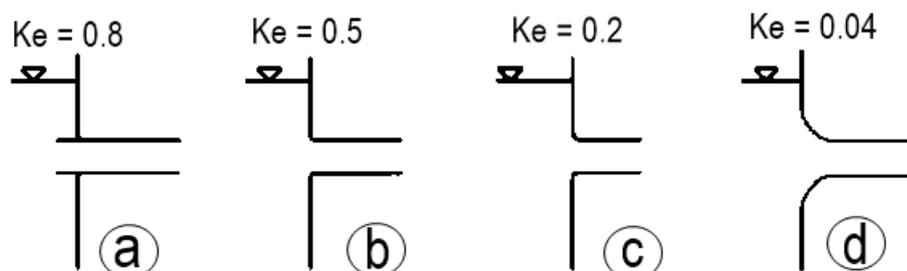


Figura 83: Valores K_e según la configuración de conexión

PÉRDIDA POR CURVATURA.

Cuando un fluido discurre por un codo (Figura 84), se produce un incremento de presión en la pared externa y una disminución en la interna. Esta situación volverá a su estado original al pasar el tramo curvo, a una cierta distancia del mismo, para lo que es necesario que aumente la presión en la cara interior y vuelva así la velocidad a su valor original. Como consecuencia de esto, la corriente de agua se separará de la pared interior (Figura 84-a), y ocasionará una circulación en su sección como la mostrada (Figura 84-b), debido a la diferencia de presiones en una misma sección del tubo (García Tapia, 1998).

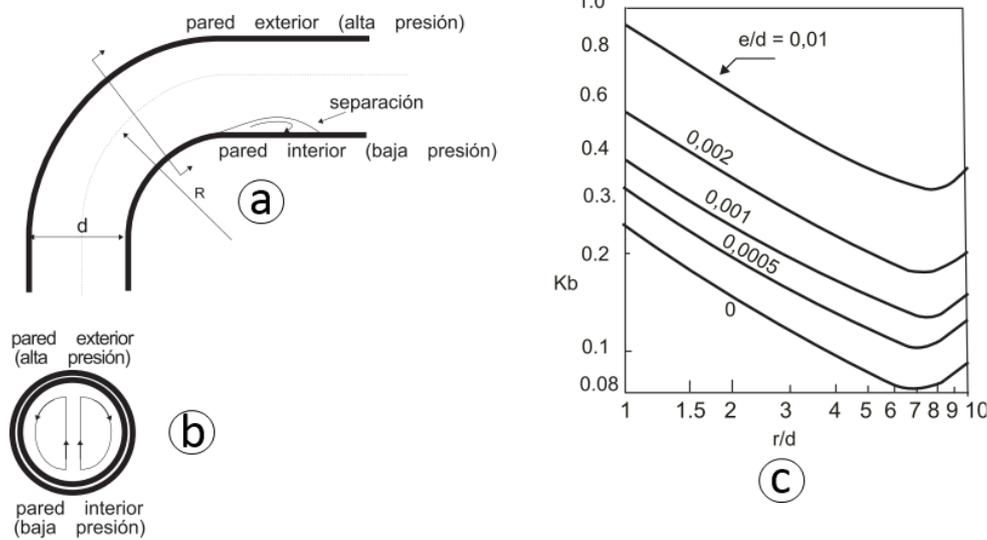


Figura 84: Circulación por codos y cambios de dirección (Agüera Soriano, 1996).

La combinación de esta circulación y de la axial del flujo, provocará un movimiento espiral que continuará, durante una longitud aproximada de 100 diámetros aguas abajo del final de la curvatura, hasta que se disipe por fricción viscosa (Potter et al., 2002). En un codo de 90°, la pérdida de carga añadida en el tramo de tubo equivalente, viene dado por la ecuación para la compresión de vena (Ec. 25), en la que el coeficiente K_c es substituido por el K_b obtenido de la gráfica anterior (Figura 84-c).

$$\Delta h_b = K_b \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

Siendo:

Δh_b = Pérdida debido a la contracción súbita (m)

V = Velocidad de la corriente (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2)

K_b = Coeficiente experimental se obtiene de la gráfica mostrada en la Figura 84.

Dada la circulación periférica mostrada en la sección de tubería (Figura 84-b), la rugosidad del tubo alcanza cierta importancia y debe figurar en el cálculo. Para codos con ángulos menores de 90° , se admite que la pérdida adicional, en tubos de acero estirado, es casi proporcional al ángulo del codo.

En el caso de la existencia de varios codos muy cercanos, el cálculo de la pérdida de carga se vuelve muy complejo dado que la perturbación se extiende más allá del final de la curva, y no puede calcularse mediante una simple suma aritmética. El análisis en este caso exige un estudio individual, sin posibilidad de generalización. Sin embargo, esta situación es propia de estaciones de bombeo, es raro encontrarla en aprovechamientos hidroeléctricos (Cuesta y Vallarino, 2000).

PÉRDIDA A TRAVÉS DE LAS VÁLVULAS.

Las válvulas se utilizan, habitualmente, para incomunicar determinados tramos con el fin de poder intervenir y realizar operaciones de mantenimiento o reparaciones importantes, aunque en algunos casos existen válvulas cuya misión fundamental es disipar energía, como en el caso de las centrales intercaladas en una conducción de aguas. Generalmente, salvo en los casos señalados, las válvulas estarán siempre totalmente abiertas o totalmente cerradas, dejando la regulación del caudal a las toberas o a los alabes distribuidores del sistema de regulación de la turbina.

La pérdida de carga generada al paso del agua por una válvula completamente abierta, depende del modelo de válvula y se calcula aplicando la expresión ya mostrada para la pérdida localizada (Ec. 25), en la que el coeficiente K_c se sustituye por el K_v correspondiente mostrado (Figura 85):

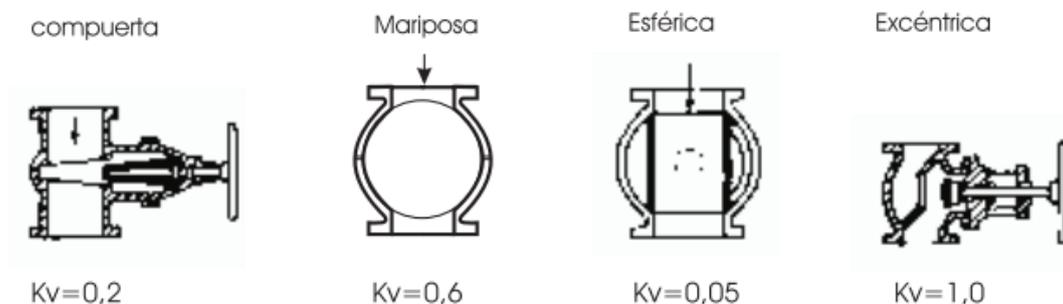


Figura 85: Coeficiente K_v para cada tipo de válvula (ASCE, 1995)



6.6.5.5. Régimen Transitorio. Golpe de Ariete.

Como se ha indicado, este tipo de conducciones trabajan siempre en condiciones de presión, pero en determinadas ocasiones, se originan variaciones en ella. Estas perturbaciones son ocasionadas por el movimiento oscilatorio del agua en el interior de la conducción, y generan alternancia de sobrepresiones y depresiones en el tubo, provocando cambios en las condiciones de trabajo estipuladas y pudiendo originar graves problemas, ya sea en impulsiones como en abastecimientos por gravedad, como es el caso de estudio.

Cuando se cierra rápidamente la válvula de acceso a la turbina, ya sea el operario o el sistema de control automático, se origina un cambio de forma violenta en el régimen hidráulico de la tubería forzada. Esta variación brusca de régimen se debe al cambio de velocidad de la masa de agua involucrada en el fenómeno, cuya fuerza puede generar un aumento de presión en el tubo que, aunque es transitorio, es de un orden de magnitud muy superior al de la presión hidrostática o de altura del salto. A esta onda de presión se le denomina golpe de ariete y sus efectos pueden ser desastrosos: la tubería puede romperse por sobrepresión o aplastarse por vacío relativo, por lo que debe de tenerse en cuenta para calcular el espesor de la pared de la tubería.

La fuerza generada por el cambio de velocidad en un tubo de paredes rígidas y suponiendo el agua incompresible, vendrá dada por la ecuación de la segunda ley de Newton:

$$F = m \frac{dV}{dt}$$

Conforme a esto, si la velocidad de la columna de agua se disminuyera hasta cero, la fuerza generada sería infinita. Afortunadamente, cualquier válvula mecánica necesita un tiempo determinado para su cierre, las paredes de la tubería no son totalmente rígidas y la columna de agua, sometida a grandes presiones, no es incompresible, por lo que esto no es posible en la práctica.

Para explicar físicamente el fenómeno, recurriremos a la exposición que hace Allen Inversin en "Micro-Hydropower Sourcebook". Inicialmente (Figura 86-a), la corriente de agua fluye hacia la válvula con velocidad " V_0 ". En el momento que la válvula se cierra, el agua tiende a seguir fluyendo por inercia, pero como no puede atravesar la válvula, se acumula detrás de ella, y la energía cinética del agua más cercano a la válvula, se convierte en energía de presión, comprimiéndose ligeramente la masa de agua y tensando las paredes del tubo en ese punto (b).

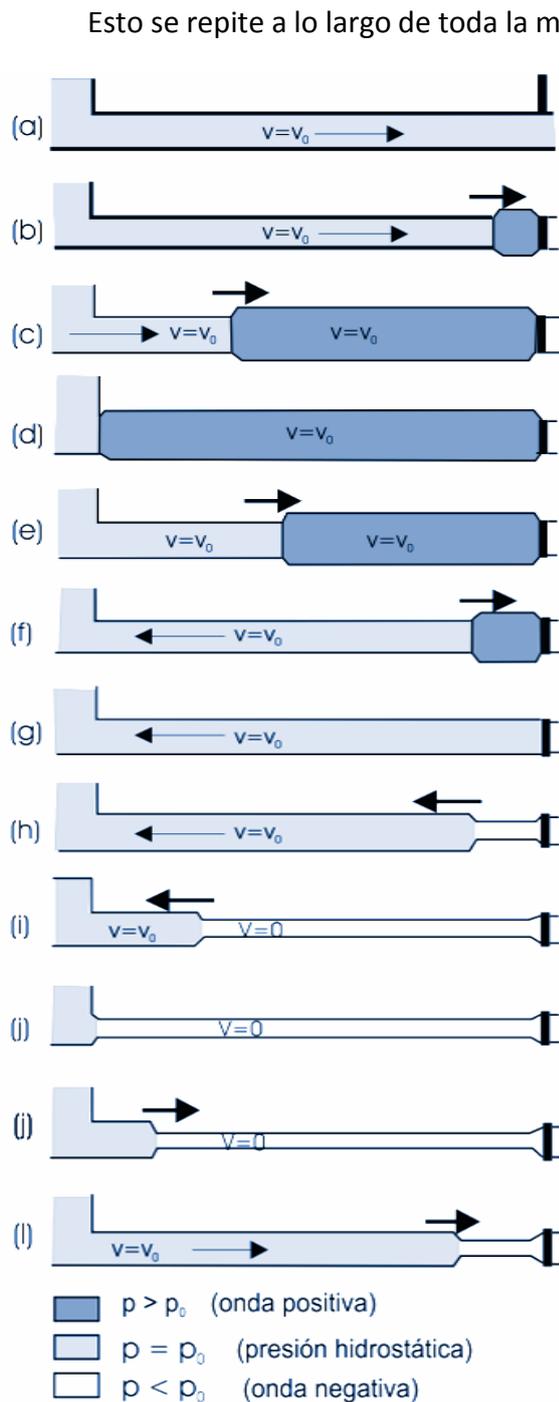


Figura 86: Representación del Golpe de Ariete
 (Modificada de Inversin, 1986)

con signo contrario, a la inicial. La velocidad " V_0 " vuelve a anularse y, siendo la presión en el interior del tubo ahora inferior a la de la cámara, la corriente vuelve a invertirse (k). La onda de presión se desplaza ahora hacia la válvula de nuevo (l) hasta completar el ciclo y comenzar el siguiente.

se desplaza, en sentido contrario al original de la corriente, hacia la cámara de carga hasta que la velocidad " V_0 " se anula. La masa de agua se comprime en su totalidad, ya que la energía cinética del agua se ha transformado en compresión, y pondrá al tubo en tensión por estar sometido todo él, al esfuerzo de la presión(d).

En la cámara de presión se conserva la presión hidrostática inicial y la presente en el tubo es mucho más alta, por lo tanto, la corriente de agua se invierte, fluyendo ahora hacia la cámara con velocidad " V_0 ", la cual no varía pese a que la tubería se encuentre inclinada (e). Al invertirse la corriente, se reduce la presión del tubo y el frente de descompresión avanza hacia la válvula (f), hasta que todas las fuerzas de presión vuelven a transformarse en energía cinética (g). Ahora la corriente fluye en dirección inversa, y por inercia tiene tendencia a conservar la velocidad " V_0 ". Como consecuencia de esto, la masa de agua cerca de la válvula se "alarga", reduciendo la presión y contrayendo el tubo (h).

Ocurre lo mismo con el resto de las partículas de agua, por lo que aparece una onda de presión negativa cuyo frente se desplaza hacia la cámara (i) hasta que todo el tubo está sometido a compresión y la presión del agua en su interior es baja (j). Si no existiesen fenómenos de fricción, la magnitud de esta onda sería idéntica, pero



MEMORIA

La onda viaja a la velocidad del sonido en el medio, que es la velocidad del sonido en el agua dentro de la tubería, modificada por la elasticidad de las paredes del tubo. Hay una gran diferencia de magnitud entre la velocidad del agua (3-5 m/seg) y la de la onda de presión (alrededor de 1400 m/seg), lo que nos da una idea de la proporción en la que varía la fuerza dentro de la tubería cuando ocurre este suceso.

Los fenómenos de fricción disipan la energía cinética de forma gradual y la amplitud de oscilación disminuye con el tiempo. El tiempo necesario para que la onda de presión se desplace a lo largo de toda la longitud la tubería será:

$$T_c = \frac{L}{c}$$

Y el empleado por la onda de presión en alcanzar la válvula en su recorrido de ida y vuelta, que se denomina tiempo crítico:

$$T_c = \frac{2L}{c}$$

Siendo:

T_c = Tiempo crítico de disipación necesario (s).

L = Longitud de la tubería (m).

c = Velocidad de la onda o celeridad (m/s). Está en función de las elasticidades del agua y del material de la tubería y su valor viene dado por la ecuación:

$$C = \sqrt{\frac{\frac{k}{\rho}}{1 + \frac{kD}{\varepsilon e}}} \quad (\text{Ec. 28})$$

Siendo:

k = Módulo de elasticidad del fluido (N/m)¹.

ρ = Densidad del fluido² (Kg/m³).

D = Diámetro interno de la tubería (mm).

ε = Módulo de elasticidad del material de la tubería (módulo de Young) (N/m) (Tabla 14).

e = Espesor de pared de la tubería (mm).

¹ Módulo de elasticidad del agua es de 2,1x10⁹ (N/m), Densidad 1000kg/m³

² Densidad del agua 1000kg/m³



MEMORIA

De esta expresión se obtiene otra, más práctica para este caso, propuesta por Allievi, que permite una evaluación rápida del valor de la celeridad cuando el fluido circulante es agua:

$$c = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + \lambda \frac{D}{e}}} \quad (\text{Ec. 29}) \quad \text{Siendo: } \lambda = \frac{10^{10}}{\varepsilon}$$

Siendo λ el coeficiente en función del módulo de elasticidad (ε) del material de la tubería, en kg/m^2 en esta ocasión, que representa principalmente el efecto de la inercia del grupo motobomba, y que se recoge en la siguiente tabla:

Tabla 14: Valor del módulo de Young y del coeficiente λ para cada material (Mayol Mallorquí, 1981)

Material de la Tubería	$\varepsilon(\text{kg/m}^2)$	λ
Palastros de hierro y acero	$2 \cdot 10^{10}$	0,5
Fundición	10^{10}	1
Hormigón (Sin armar)	$2 \cdot 10^9$	5
Fibrocemento	$1,85 \cdot 10^9$	5-6
PVC	$3 \cdot 10^8$	20-50
PE baja densidad	$2 \cdot 10^7$	500
PE alta densidad	$9 \cdot 10^7$	111,11

Si la válvula se cierra por completo antes de que llegue el frente de la onda de presión en su camino de retorno (tiempo de cierre menor que el tiempo crítico), toda la energía cinética del agua contenida en el tubo se convertirá en una sobrepresión P conforme a la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{c}{g} \Delta V \quad (\text{Ec. 30})$$

Siendo:

ΔP = Sobrepresión en metros columna de agua (m.c.a.).

ρ = Densidad del fluido (Kg/m^3).

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2).

c = Velocidad de la onda o celeridad (m/s).

ΔV = Cambio en la velocidad del agua (m/s).



MEMORIA

En cambio, si la válvula está aun parcialmente abierta, solo una parte de la energía cinética se convertirá en sobrepresión. Se ha demostrado empíricamente, que cuando el tiempo de cierre es diez veces mayor que el valor crítico T_c , el fenómeno puede ignorarse, ya que las sobrepresiones serán mínimas.

Cuando el tiempo de cierre es mayor al crítico pero menor a diez veces el crítico, la sobrepresión, no alcanzará el valor P dado por la expresión anterior (Ec. 30), ya que la onda negativa reflejada por la válvula compensará parcialmente la subida de la presión. En este caso puede calcularse por la siguiente formula de Allievi:

$$\Delta P = P_o \left(\frac{N}{2} \pm \sqrt{\frac{N^2}{4} + N} \right) \quad (\text{Ec. 31})$$

En la que N viene dada por la fórmula:

$$N = \left(\frac{LV_o}{gP_o t} \right)^2 \quad (\text{Ec. 32})$$

Siendo:

P_o = Presión estática del salto (altura de salto neto) (m.c.a.)

V_o = velocidad del agua (m/seg).

L = longitud total de la tubería (m).

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2).

t = tiempo de cierre (s).

La presión total en la tubería es $P_t = P_o + \Delta P$

Este problema del golpe de ariete se vuelve mucho más crítico cuando se utiliza una tubería forzada, desde la toma de agua del aprovechamiento a las turbinas, sin instalar un canal de derivación. En este caso se precisa de un cálculo más riguroso, para el que habría que atender, no solo a la elasticidad del material y a la del agua, como se ha hecho anteriormente, sino también las pérdidas de carga hidráulicas en el propio golpe de ariete y el tiempo real de cierre (Agüera Soriano, 1996).

Esta metodología enunciada por Allievi, ha sido superada por autores como Pogi y por Pezolli, entre otros. Chaudry, (1979) y Streeter y Wiley (1967), también exponen varios métodos de cálculo, más avanzados, acompañados de ejemplos.

En el siguiente apartado sobre el dimensionamiento se trata, de una forma particular y más específica, la influencia de este fenómeno sobre el cálculo de los diferentes componentes de la tubería forzada, desde el punto de vista de su diseño.

CHIMENEA DE EQUILIBRIO

Si se prevé que una instalación va a tener predisposición a producir fenómenos de golpe de ariete, es aconsejable disponer algún dispositivo que minimice sus efectos. El más común de todos es la chimenea de equilibrio, que es un conducto de gran diámetro, conectado a la tubería forzada por su extremo inferior y abierto a la atmósfera en la parte superior (Figura 87).

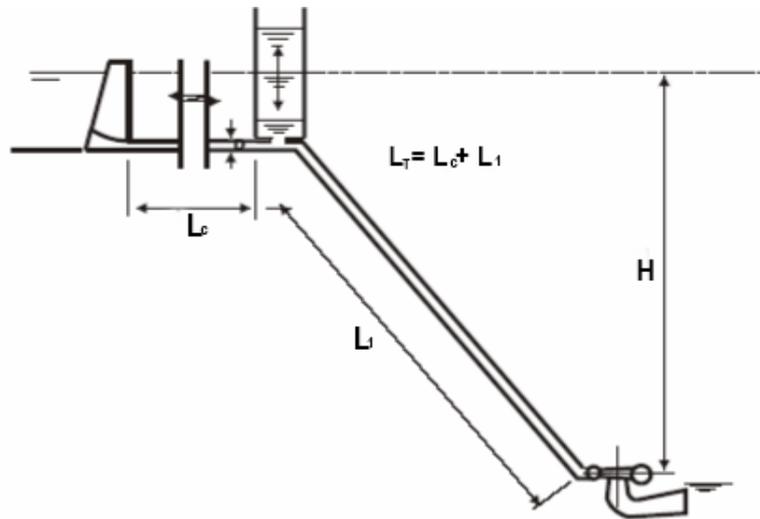


Figura 87: Esquema chimenea de equilibrio (ASCE, 1995).

En ocasiones, algunos autores estiman que la chimenea de equilibrio no es precisa si la longitud total de la tubería forzada es menor a 5 veces la altura del salto bruto.

Cuando la válvula se encuentre abierta y en la tubería forzada haya un régimen uniforme, el nivel que alcanza el agua en la torre será el equivalente al salto neto (presión del agua en la tubería). Cuando se cierra rápidamente la válvula de entrada a la turbina, la gran masa de agua de la tubería, asciende por la chimenea, elevando el nivel del agua por encima del de la toma. Este nivel de agua en la torre, comienza enseguida a descender hasta alcanzar un mínimo. El ciclo se repite, oscilando la masa de agua en la tubería y en la chimenea hasta que, amortiguada por las fuerzas de fricción, termina desapareciendo (Fritz, 1984).

MEMORIA

El gráfico de la Figura 88 relaciona la altura del nivel de agua en la chimenea, con el tiempo transcurrido desde el cierre de la válvula. La máxima altura pertenece al golpe de ariete. La amortiguación provocada por un orificio limitado, reducirá la amplitud de la onda en un 20 a 30%.

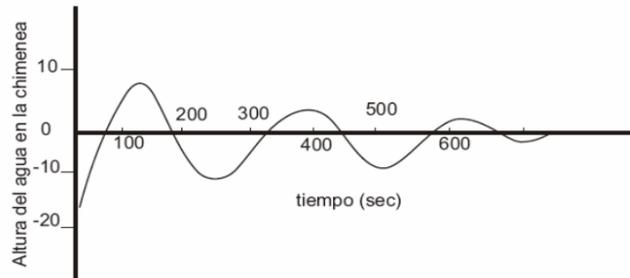


Figura 88: Relación de altura de agua en la chimenea con tiempo de cierre (ASCE, 1995)

Es preciso también tener en cuenta la constante de aceleración del agua t_h en la tubería, ya que tendrá un papel importante en el diseño del regulador de la turbina:

$$t_h = \frac{V L}{g H} \quad (\text{Ec. 33})$$

Siendo:

V = Velocidad del agua en la tubería (m/s).

L = Longitud total de la tubería (m).

g = Aceleración de la gravedad (m/s²).

H = Altura de salto bruto (m).

Si t_h es menor a 3 segundos no es necesario pensar ningún mecanismo corrector, pero si supera los 6 segundos, la chimenea de equilibrio o el mecanismo corrector equivalente, es imprescindible, para evitar así fuertes oscilaciones que el regulador de la turbina no podrá corregir. En un sistema mal diseñado, la torre de equilibrio y el regulador pueden actuar en sentidos opuestos, dando lugar a problemas de regulación de velocidad demasiado importantes para poder ser resueltos por el propio regulador (Chaudhry, 1979). Otra forma muy utilizada de aliviar la sobrepresión por golpe de ariete, es mediante el uso de válvulas de alivio rápido, anticipadoras de onda o de descarga síncrona, colocada en paralelo con la turbina, de forma que se abra cuando se cierra la de entrada a esta.

En las turbinas de acción, equipadas de un deflector que desvía el chorro de agua, no se requiere cerrar la válvula para evitar que la turbina se embale, y el fenómeno del golpe de ariete no llega a plantearse.



6.6.5.6. Dimensionado de la Tubería

Una tubería forzada se define por su diámetro, por su espesor de pared, por el material utilizado en su construcción y el tipo de unión previsto para su instalación. El diámetro se selecciona de manera que las pérdidas por fricción se mantengan dentro de límites razonables. El espesor de pared se calcula para resistir la máxima presión hidráulica interna, incluyendo cuando sea previsible, el golpe de ariete y, en alguna ocasión, los esfuerzos inherentes a su trabajo como viga. El material se escoge conforme a las condiciones del mercado, atendiendo a su peso, volumen, sistema de unión y coste (Mayol Mallorquí, 1981).

DISEÑO HIDRÁULICO

La potencia (kN) disponible para un caudal y un salto determinados viene dada por la ecuación:

$$P = QH\gamma\eta \quad (\text{Ec. 34})$$

Siendo:

Q = Caudal en (m³/s).

H = Altura de salto neta (m).

γ = Peso específico del agua (kN/m³).

η = el rendimiento global del conjunto.

El salto neto se obtiene restando la suma de todas las pérdidas de carga al salto bruto, incluidas las generadas por fricción y turbulencia en la tubería forzada, siendo ambas proporcionales al cuadrado de la velocidad de la corriente. Por lo tanto, para transportar un cierto caudal, una tubería con un diámetro pequeño necesitará mayor velocidad de corriente que otra de mayor diámetro, y consecuentemente las pérdidas serán más elevadas. Seleccionando un diámetro grande se reducen las pérdidas de carga, pero el coste de la tubería será mayor y viceversa, por lo que la elección del diámetro es el resultado de un ajuste entre coste y pérdida de carga.

En el capítulo 6.6.5.3. se explicaron las ecuaciones más empleadas para el cálculo de las pérdidas por fricción, haciendo especial hincapié en la representación gráfica de las ecuaciones de Colebrook (el diagrama de Moody y las cartas de Wallingford) y en la fórmula de Manning. En esta parte, para el dimensionado, se requiere hacer uso de esos cálculos.

Limitando las cargas con un determinado porcentaje, se simplifica el cálculo del valor del diámetro de la tubería. Una pérdida del 4% de la potencia es un valor generalmente aceptable. Una estimación más precisa exigiría considerar varios diámetros posibles, calcular la pérdida anual de energía en cada uno de ellos, y actualizarlas a lo largo de la vida del aprovechamiento. De esta forma, se puede realizar el gráfico con la curva de las pérdidas actualizadas, al que se superpone el coste para cada diámetro. Se suman gráficamente ambas curvas y el diámetro óptimo será el mínimo de la curva resultante (Figura 89).

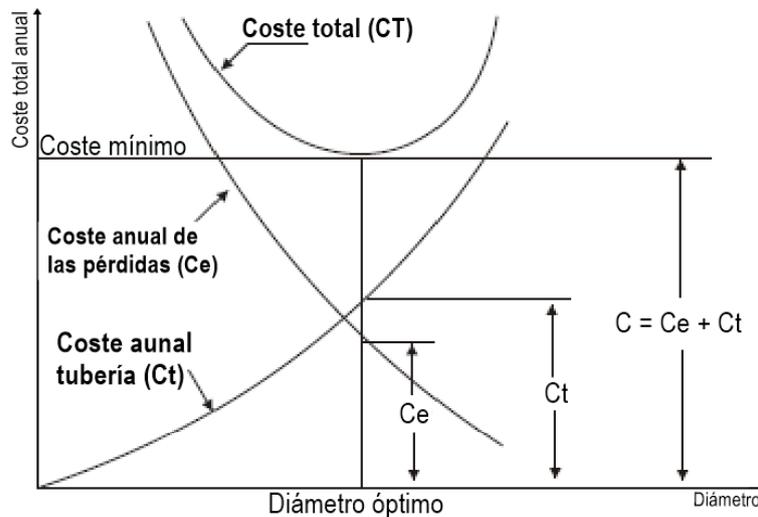


Figura 89: Pérdidas actualizadas frente a curva de coste (Fritz, 1984)

En la práctica, las pérdidas fundamentales de las tuberías forzadas son las de fricción; las pérdidas estudiadas por turbulencia en la tubería, a su entrada, al paso por la rejilla, en los codos y curvas, expansiones, contracciones y válvulas, son pérdidas menores o secundarias. En una primera aproximación es suficiente calcular las pérdidas por fricción, utilizando por ejemplo la ecuación de Manning ya descrita anteriormente, de la siguiente forma (Mott, 2006):

$$\frac{h_f}{L} = 10,3 \frac{n^2 Q^2}{D^{5,333}} \quad (\text{Ec. 35})$$

Examinando la ecuación se aprecia la proporción entre pérdidas y diámetro anteriormente mencionada, por lo que, si se reduce a la mitad el diámetro, las pérdidas se multiplican por 40.

Con esta fórmula, basta con despejar D para poder calcular el diámetro de la tubería que limite las pérdidas por fricción a los valores establecidos, obteniendo, por tanto:



MEMORIA

$$D = \left(\frac{10,3 n^2 Q^2 L}{h_f} \right)^{0,1875} \quad (\text{Ec. 36})$$

Siendo:

D = Diámetro de la tubería (m).

Q = Caudal (m³/s).

L = Longitud de la tubería (m).

h_f = Pérdidas de carga por fricción (m). Pudiendo expresarse como h_f=4% H_{neto}

n = Coeficiente de rugosidad de Manning en función del material de la tubería. En la siguiente tabla se recogen los más utilizados:

Tabla 15: Coeficiente de rugosidad n de Manning más utilizados (Mayol Mallorquí, 1981)

Material	n de Manning
Acero soldado	0,012
Polietileno PE	0,009
PVC	0,009
Uralita	0,011
Madera	0,014
Fundición	0,015
Hierro dúctil	0,024

El espesor está en función del diámetro de la tubería, de la presión interna, de la carga de rotura y del límite elástico del material elegido. En un régimen de caudal constante, la presión interna en un punto determinado, se corresponde a la carga hidráulica en dicho punto. En una tubería de acero soldado sometida a una presión estática P₁, el espesor de pared se calcula según la ecuación:

$$e = \frac{P_1 D}{2\sigma_f k_f} + e_s \quad (\text{Ec. 37})$$

Siendo:

e = Espesor de la pared del tubo en mm.

P₁= Presión hidrostática en kN/mm².

D = Diámetro interno del tubo en mm.

σ = Resistencia a tensión admisible³ (kN/mm²).

³ Resistencia a tensión admisible para el acero es 1400 KN/mm².



MEMORIA

e_s = Sobrespesor para tener en cuenta la corrosión (1 mm).

k_f = Coeficiente en función de la eficacia de la unión ⁴.

En cualquier caso, la tubería debe de poderse manejar en obra sin que se deforme, por lo que es necesario que tenga la rigidez necesaria para ello. Se recomienda como espesor mínimo en milímetros, de a 2,5 veces el diámetro (en metros) más 1,2 mm. Otras normas recomiendan como espesor mínimo $e = (D+508) / 400$ donde todas las dimensiones están en mm (Mayol Mallorquí, 1981).

En el caso de centrales que tengan una gran altura de salto, en algunas ocasiones, resulta económico utilizar tuberías de diferentes espesores, pero con el mismo diámetro interior, en función de la carga hidráulica. Si cualquier punto de la tubería quedase por debajo de la línea de gradiente hidráulico, la tubería podría romperse por vacío. En este caso la depresión de colapso viene dada por:

$$P_c = 882500 \left(\frac{e}{D}\right)^3 \quad (\text{Ec. 38})$$

En la que e y D son, respectivamente, el espesor de pared y el diámetro del tubo en mm. Esta presión negativa se puede impedir instalando un tubo de aeración cuyo diámetro en centímetros viene dado por las ecuaciones:

$$d = 7,47 \sqrt{\frac{Q}{\sqrt{P_c}}} \quad (\text{Ec. 39}) \quad \text{Si } P_c \leq 0.49 \text{ kgN/mm}^2$$

$$d = 8,94 \sqrt{Q} \quad (\text{Ec. 40}) \quad \text{Si } P_c > 0.49 \text{ kgN/mm}^2$$

Para el cálculo de este espesor mínimo de pared, necesario en cualquier punto de la tubería, habría que tener en consideración dos hipótesis de golpe de ariete: el golpe de ariete normal y el golpe de ariete de emergencia (Inversin, 1986).

El golpe de ariete normal se produce cuando la turbina se cierra gobernada por el regulador. En estas condiciones la sobrepresión en la tubería podría alcanzar el 25% de la altura de salto bruta en el caso de una turbina Pelton, y entre el 25% y el 50% en el caso de una turbina de reacción (dependiendo de las constantes de tiempo del regulador). Habría que tener en cuenta las indicaciones del fabricante de la turbina.

⁴ Tendrá valor 1 para tubos sin soldadura; 0,9 para uniones soldadas y radiografiadas; 1.0 para uniones soldadas, radiografiadas y con aliviado de tensiones.



MEMORIA

El caso del golpe de ariete de emergencia, causado por ejemplo por una obstrucción de la válvula de aguja en una turbina Pelton o un malfuncionamiento del sistema de control de la turbina, el espesor de pared deberá calcularse con arreglo a la fórmula expuesta (Ec. 37).

En el caso de tuberías forzadas de acero, al tener cargas estáticas más las cargas transitorias creadas, el esfuerzo combinado está en función de la carga de rotura y del límite elástico del acero empleado. Este esfuerzo combinado debe ser inferior al 60% del límite elástico y al 38% de la carga de rotura para el golpe de ariete normal y no superar el 96% del límite elástico ni el 61% de la carga de rotura para el de emergencia (Chaudhry, 1979).

APOYOS Y ANCLAJES

Los apoyos se diseñan para soportar el peso de la tubería llena de agua, pero no los empujes longitudinales que se generen. La componente vertical en kN del peso (F_1) soportado viene dado por:

$$F_1 = (W_p + W_w)L \cos \Phi \quad (\text{Ec. 41})$$

Siendo:

W_p = Peso del metro de tubería (kN/m)

W_w = Peso del agua por metro de tubería (kN/m)

L = Longitud del tubo entre ejes de apoyos consecutivos (m)

Φ = Ángulo de la tubería con la horizontal

El vano L entre apoyos viene limitado por la flecha del tubo que no deberá exceder de $L_i/65.000$. Por lo tanto, la longitud máxima entre apoyos viene dada por la ecuación:

$$L = 182,61 \sqrt{\frac{(D+0,0147)^4 - D^4}{P}} \quad (\text{Ec. 42})$$

Siendo

D = Diámetro interno de la tubería (m).

P = Peso unitario de tubería llena de agua (kg/m).

DISEÑO GENERAL Y ELECCIÓN DE MATERIALES.

Las tuberías de pequeño diámetro en PVC pueden disponerse simplemente sobre el terreno siguiendo su pendiente, con un mínimo recubrimiento de tierra para su aislamiento. Estas pequeñas tuberías no necesitan ni bloques de anclaje, ni juntas de dilatación.

Las grandes tuberías de acero deben de ser enterradas siempre que el terreno no sea muy rocoso. La arena y la grava que la envolverán, formarán un buen aislante, lo que permitirá eliminar juntas de dilatación y de bloques de anclaje. A las tuberías enterradas, hay que pintarlas y protegerlas exteriormente mediante, por ejemplo, una cinta enrollada que garantice su resistencia a la corrosión. Si se hace así y la cinta no sufre daños durante el montaje, la tubería apenas necesitará mantenimiento. Desde el punto de vista ambiental, la solución es óptima, ya que una vez recubierta no producirá ningún impacto (Mateos de Vicente, 1997).

Una tubería forzada instalada sobre el terreno puede diseñarse con o sin juntas de dilatación. Las variaciones de carga y de temperatura, que producirán dilataciones y contracciones, son más importantes cuando las tuberías estén vacías, como, por ejemplo, en el caso de que las turbinas funcionen intermitentemente o cuando se va a realizar algún trabajo de reparación o mantenimiento.

Existen diferentes tipos de juntas de dilatación, pero la más utilizada es la mostrada en la Figura 90.

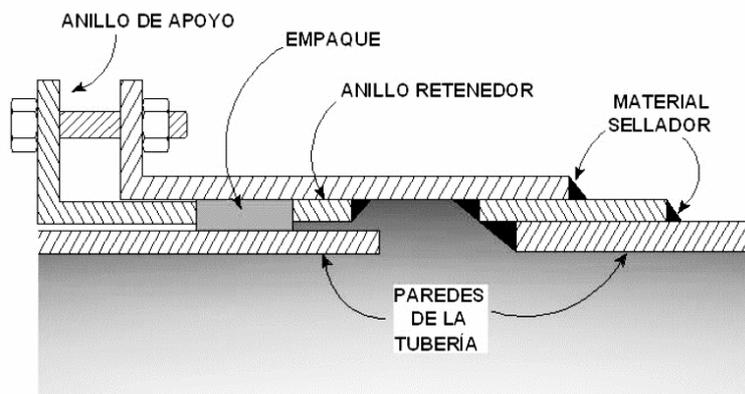


Figura 90: Junta de dilatación en tubería forzada

En general, las tuberías forzadas de acero, se instalan en una serie de tramos rectos apoyados en unos pilares y anclados sólidamente en sus extremos, aprovechando esto para los cambios de dirección y de inclinación (Figura 91). Se recomienda que las juntas de dilatación se intercalen entre cada dos anclajes.

MEMORIA

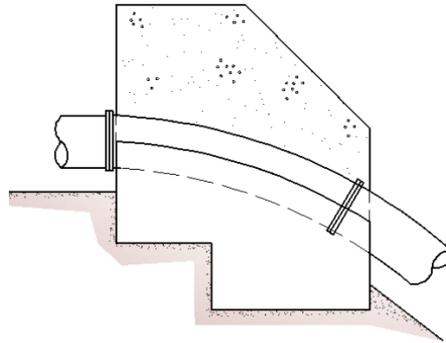


Figura 91: Anclaje en cambio de dirección e inclinación (Ortiz, 2001)

Estos bloques de anclaje son la obra civil que tiene como objetivo resistir la componente longitudinal del peso de la tubería llena de agua, así como las fuerzas de fricción correspondientes a los movimientos de expansión y contracción producidos, y transmitir estas cargas de tracción al terreno, por lo que se recomienda su cimentación. Si se requiere gran volumen de hormigón, debido a la naturaleza del terreno, y resultan por lo tanto muy costosos, puede estudiarse la eliminación de uno de cada dos anclajes y de todas las juntas de dilatación para que la tubería se deforme en el codo que queda libre y anclado. Para ello se recomienda que los soportes en los que se apoyan los tramos rectos de tubería, tengan la zona de contacto cubriendo un ángulo de unos 120º (Figura 92).

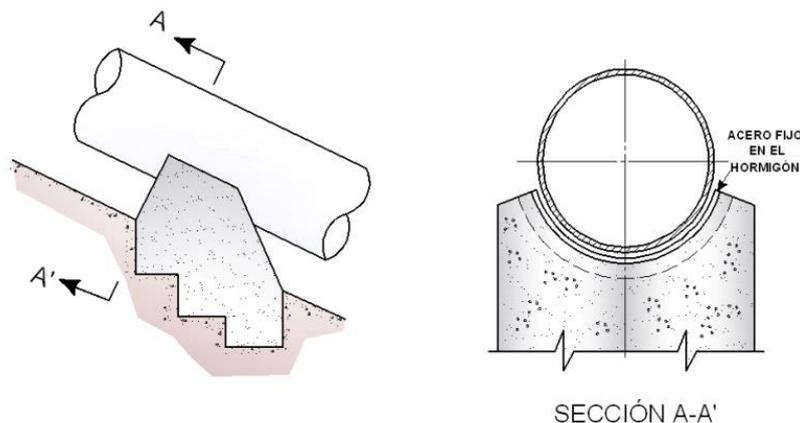


Figura 92: Soportes de tramos rectos (Ortiz, 2001)

Los apoyos elaborados por soldadura de chapas y perfiles, se pueden recubrir con una placa de amianto grafitado y de esta forma minimizar la fricción. Los anillos de soporte resisten las mismas tensiones combinadas que los anclajes, ocasionadas por el momento de flexión correspondiente al trabajo como viga continua de la tubería y a su presión interna. Estas fuerzas sobre los apoyos se transmiten por esfuerzo cortante, entre chapa y anillo. Para ello los anillos se sueldan a la chapa y se rigidizan mediante diafragmas.

En cuanto a los materiales de los que se conforman las tuberías, hoy en día, existe gran variedad de ellos. Para tuberías de grandes diámetros o instaladas en grandes saltos, las tuberías fabricadas en acero soldado, con juntas longitudinales y circunferenciales, sigue siendo la solución más elegida, ya que son relativamente baratas y pueden realizarse con el diámetro y espesor requeridos por el proyectista sin dificultad. No obstante, también existe en el mercado tubería espiral, soldada por arco sumergido o incluso por inducción, por lo que, si hay del tamaño adecuado para el caudal de diseño, esa será, sin duda, la solución más económica. A medida que el salto disminuye, el acero va resultando menos competitivo y rentable, ya que, pese a que el espesor de cálculo disminuya, requieren espesores mínimos, que no pueden ser rebajados, para compensar la corrosión, interna y externa, y para poder manipular los tubos en obra sin que se deformen (Mayol Mallorquí, 1981).

Para diámetros más pequeños existen otras opciones como puede ser las tuberías de acero estirado, con uniones de enchufe y cordón y anillos de cierre, o con bridas (Figura 93), para atornillar tuberías de hormigón (centrifugadas o pretensadas y tuberías de amianto-cemento). Los tubos con juntas de enchufe y cordón, construidos en acero, fundición dúctil o PVC, con empaquetaduras flexibles no necesitan juntas de dilatación, ya que estas absorben los pequeños movimientos longitudinales; tuberías reforzadas con fibra de vidrio (GRP), de PVC o de polietileno (PE).

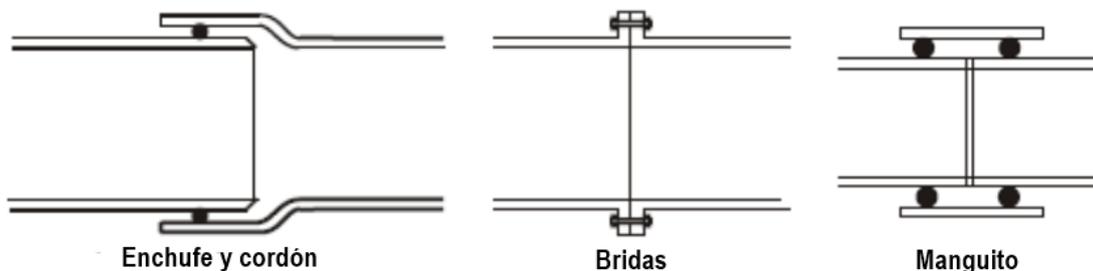


Figura 93: Tipos de juntas (ASCE, 1995)

Las tuberías de PVC resultan adecuadas para saltos de altura media (saltos de hasta 200 metros con un diámetro de 0,4 m) ya que son más baratas y más ligeras que las de acero y no necesitan protección contra la corrosión. Las tuberías de PVC15 son fáciles de instalar porque vienen con uniones de enchufe y cordón. Sin embargo, debido a su baja resistencia a los rayos UVA, no pueden disponerse al aire a no ser que estén protegidas, ya sea con pinturas o recubiertas de cinta. Además, las tuberías de PVC solo admiten radios de curvatura muy grandes (100 veces el diámetro del tubo), su coeficiente de dilatación térmica es cinco veces más que la del acero, y son bastante frágiles.



MEMORIA

Las tuberías de polietileno de alto peso molecular, como el PE16, permiten ser instaladas sobre el terreno directamente, admiten un radio de curvatura de 20 a 40 veces su diámetro, aunque existen piezas especiales para radios más pequeños, y flotan en el agua, no obstante, solo pueden soldarse mediante fusión en obra, para lo que se requieren maquinas especiales (Cuesta y Vallarino, 2000).

También pueden emplearse tuberías de hormigón, armadas si es necesario con redondos de acero, incluso de acero de alta resistencia pretensado, y provistas de uniones de enchufe y cordón. Estas tuberías deben de revestirse interiormente con chapa de acero, para prevenir fugas, aunque no exigen ningún tratamiento de protección contra la corrosión. No obstante, debido a su elevado peso, implican un transporte difícil y que sea complicado su manejo en obra.

En países en vías de desarrollo, las tuberías elaboradas con dovelas de madera creosotada unidas con láminas de acero, pueden ser una solución interesante ya que permite alcanzar 50 metros de altura de salto para diámetros de 5,5 metros, o incluso llegar a 120 metros reduciendo el diámetro a 1,5 metros. Entre las ventajas que ofrece está la facilidad de colocación ya que casi no exige movimiento de tierras, la flexibilidad que tienen para adaptarse al perfil del terreno, la eliminación de juntas de dilatación y soportes de anclaje y su resistencia a la corrosión. Como desventajas, hay que contar con la presencia de fugas, sobre todo hasta que la madera se hincha, la necesidad de conservar el tubo siempre lleno de agua (para que la madera no se reseque) y el mantenimiento periódico que debe de realizarse ya que, aproximadamente cada cinco años, hay que creosotarla mediante pulverización.

Seguidamente se detallan los valores aproximados de las principales propiedades mecánicas de los materiales (Tabla 16), algunos antes mencionados, utilizados más comúnmente. Los valores del coeficiente Hazen Williams varían según sea el estado y rugosidad de la superficie interior del tubo, aunque se recogen en la tabla 11 del apartado 6.6.5.3. de pérdidas de carga por fricción, los valores más comunes.

Tabla 16: Propiedades mecánicas para diferentes materiales de las tuberías (Mayol Mallorquí, 1981).

Material	Módulo de Young ϵ (N/m ²)	Coefficiente de Expansión (mm/°C)	Carga de Tracción (N/m ²)	n Manning
Acero soldado	208	12	400	0,012
Polietileno PE	0,55	140	5	0,009
PVC	2,75	54	13	0,009
Uralita	-	8,1	-	0,011
Madera	-	-	-	0,014
Fundición	78,5	10	140	0,015
Hierro dúctil	16,7	11	340	0,024



6.7. Determinación del equipo Electromecánico.

En este capítulo del proyecto se determinan algunas reglas básicas y pautas iniciales para la realización del diseño del equipo electro-mecánico a instalar, anteriormente descrito (capítulo 6.5.2), y se explican los criterios que se han de llevar a cabo para su selección. Para obtener información técnica más detallada, se aconseja consultar los libros y publicaciones a los que se hará referencia y que se recogen en la bibliografía.

6.7.1. Turbina

Las turbinas hidráulicas son elementos que tienen como objetivo convertir la energía potencial y cinética del agua en energía mecánica de rotación. Aunque en este documento no se pretende llevar a cabo el diseño de las turbinas, ya que es un trabajo que compete a los fabricantes de equipos, si se ha considerado útil presentar los criterios a seguir para elegir el tipo de turbina más adecuado en cada caso, e incluso las principales fórmulas para estimar las dimensiones básicas de las mismas, con las que poder efectuar un anteproyecto de casa de máquinas.

Todos estos criterios y fórmulas están basados en los trabajos, que se han ido mencionando anteriormente en el capítulo 6.5.2.2., de Lugaresi, Schweiger, Gregory, Mataix, Massa, Siervo, Leva, Gordon, y otros que, mediante sus investigaciones y estudios estadísticos y experimentales, han permitido desarrollar una serie de ecuaciones con las que calcular los principales parámetros de cualquier turbina. En todo caso se debe recordar que la información más fiable es la ofrecida por los propios fabricantes de turbinas a los que es necesario recurrir.

6.7.1.1. Consideraciones para la elección de la turbina

El tipo, geometría y dimensiones de la turbina están condicionados, fundamentalmente, por diferentes criterios, como son la altura de salto neta, caudales a turbinar, velocidad de rotación, velocidad específica, velocidad de embalamiento, problemas de cavitación y coste, tanto de inversión como de mantenimiento.

Una gran parte de las estructuras hidráulicas, como aliviaderos, disipadores de energía a la salida de un embalse, tomas de agua, etc., se proyectan hoy en día sobre la base de ensayos elaborados con modelos a escala reducida. El comportamiento de estos modelos se apoya en la teoría de la similitud hidráulica, que comprende el estudio de la interrelación de las diferentes magnitudes físicas que forman parte del comportamiento dinámico del agua sobre una estructura, más conocido como análisis dimensional.



MEMORIA

El diseño de las turbinas hidráulicas no es una excepción y los fabricantes de equipos emplean también modelos a escala reducida. La cuestión que se plantea es que, si conociendo como funciona un cierto tipo de máquinas con determinados parámetros hidráulicos, se puede averiguar cómo funcionará esa misma máquina, u otra geoméricamente semejante, cuando trabaja bajo otros parámetros hidráulicos diferentes. La teoría de la similitud nos facilitará un criterio científico con el que clasificar las turbinas, de gran utilidad en el proceso de elección de la turbina más apropiada a las condiciones del aprovechamiento que proyectamos.

La contestación es positiva, y, por lo tanto, dicha la teoría es válida, si el modelo y el prototipo son geoméricamente semejantes y tienen la misma relación volumétrica.

Para que geoméricamente sean semejantes, el modelo tendrá que ser una reducción del prototipo con una relación fija para todas las dimensiones homogéneas. Las cantidades físicas involucradas en la semejanza son la longitud l , el área A y el volumen V . Si la relación de longitudes es k , la de áreas será k^2 y la de volúmenes k^3 .

Para qué modelo y prototipo tengan el mismo coeficiente volumétrico deberá cumplirse la ecuación:

$$\frac{Q}{Q'} = \sqrt{\frac{2gH}{2gH'}} \cdot \frac{A}{A'} = \left(\frac{H}{H'}\right)^{1/2} k^2 \quad (\text{Ec. 43})$$

Siendo:

Q = Caudal (m^3/s).

g = Constante gravitacional ($9,81 \text{ m/s}^2$).

H = Altura de salto (m).

A = Área (m^2).

k = Constante de semejanza.

Es conveniente insistir, en que el modelo y los ensayos de laboratorio son la única forma de garantizar un buen rendimiento y comportamiento hidráulico previsto de la turbina industrial. Todas las reglas de semejanza están estrictamente definidas en las normas internacionales IEC 60193 y 60041. No se puede admitir ninguna garantía si no se verifican estas normas y reglas.



ALTURA DE SALTO

El salto bruto es la distancia, medida en vertical, entre los niveles de la lámina de agua en la toma y en el canal de descarga en el caso de las turbinas de reacción, o el eje de toberas en las de turbinas de acción.

Para calcular el salto neto, basta con restar todas las pérdidas de carga a lo largo de su recorrido, ya descritas en el capítulo 6.6.5., al salto bruto. Pese a que en el capítulo 6.5.2.2. se expuso los rangos de utilización de las turbinas comúnmente utilizadas, mediante ábacos comerciales, en la Tabla 17 se recogen, para cada tipo de turbina, la horquilla de valores de salto neto con la que puede trabajar. Se observa que hay zonas con solapamientos, de modo que para una determinada altura de salto pueden emplearse varios tipos de turbina, que será seleccionada según el resto de variables a tener en cuenta.

Tabla 17: Rangos de utilización de las turbinas

Tipo de Turbina	Altura de salto (m)
Kaplan y hélice	$2 < H_n < 40$
Francis	$25 < H_n < 350$
Pelton	$50 < H_n < 1.300$
Michel – Banki	$5 < H_n < 200$
Turgo	$50 < H_n < 250$

CAUDAL

Un valor aislado del caudal de un cauce, con potencial de ser aprovechado, no se puede considerar representativo, por lo que, lo que interesa, es el régimen de caudales, que se representa por la curva de caudales clasificados (CCC) elaborada con los datos procedentes de las estaciones de aforo o de los estudios hidrológicos (Capítulo 6.4.3). Sin embargo, como se explicó, no todo el caudal representado en dicha curva puede utilizarse para producir energía eléctrica. Principalmente, hay que prescindir del caudal ecológico que tiene que circular todo el año por el cauce.

El caudal de diseño a aprovechar y el salto neto, determinan el tipo de turbinas aptas a ser utilizadas en el lugar escogido. La turbina óptima será aquella en la que el punto representado por la altura de salto y el caudal, se sitúa dentro de su envolvente operacional, representadas todas ellas en los ábacos comerciales, expuestos anteriormente (Figuras 65 y 66) del capítulo 6.5.2.2, y mostrándose un ejemplo a continuación (Figura 94). Cualquier turbina dentro de cuya envolvente caiga dicho punto, podrá ser utilizada en el aprovechamiento en cuestión.

MEMORIA

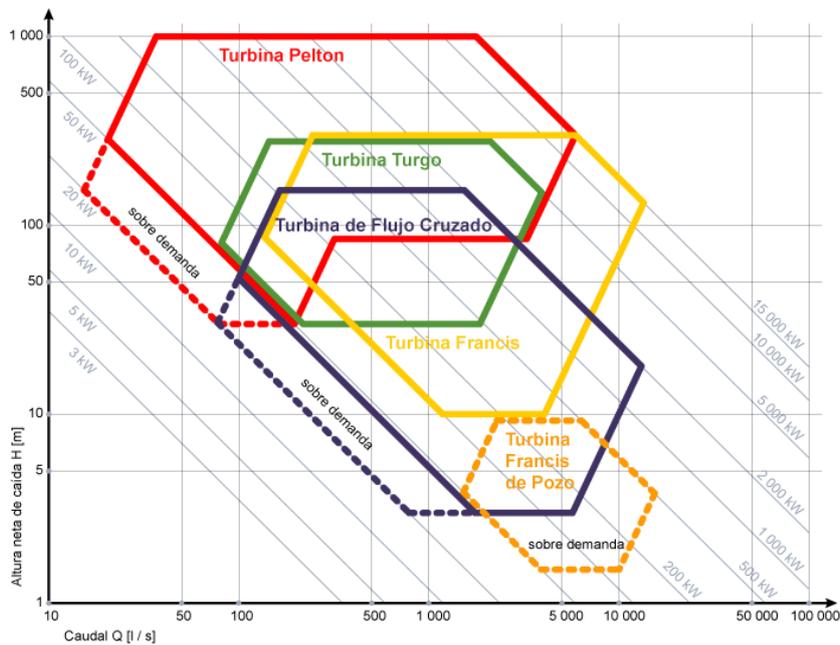


Figura 94: Ábaco selección de turbinas (Dávila y Villanueva, 2010)

Las turbinas están limitadas en cuanto al caudal y solo pueden admitir valores comprendidos entre el máximo y el mínimo técnico, por debajo del cual su funcionamiento es inestable, por lo que puede ser favorable utilizar varias turbinas pequeñas en sustitución de una más grande. Las turbinas se arrancarán secuencialmente, de tal forma que todas ellas salvo una, trabajarían a plena carga, con un rendimiento óptimo. Empleando dos o tres turbinas pequeñas, su peso y volumen unitarios serán menores y, por tanto, más fácil de transportar, manejar y montar.

De igual manera, si se divide el caudal entre dos o más turbinas, cada una de estas trabajará a una velocidad más alta, con lo que puede no ser necesario el uso del multiplicador. Por otra parte, en los casos de saltos de altura media con fuertes variaciones de caudal, una Pelton de varias toberas, con una velocidad de rotación baja, puede resultar más económica que una Francis. Un argumento semejante puede utilizarse, en saltos de baja altura, a la Kaplan y la Francis.

La elección final entre una o más unidades y entre un tipo de turbina u otro, ya que como ya se ha indicado en la altura de salto, existen zonas con solapamientos, será el resultado de un proceso iterativo, que tenga en cuenta la producción anual de energía, el coste de inversión, adquisición y mantenimiento de la turbina, y su fiabilidad y rendimientos.



VELOCIDAD DE ROTACIÓN.

Según la expresión que se muestra posteriormente (Ec. 44), la velocidad de rotación del rodete de una turbina, depende de su velocidad específica, de su potencia y de la altura del aprovechamiento. En los pequeños aprovechamientos se suelen instalar generadores estándar, por lo que hay que escoger la turbina de forma que, ya sea conectada directamente a este, o a través de un multiplicador, se alcance una velocidad de sincronismo. La siguiente tabla muestra los valores de la velocidad de sincronismo para los generadores.

Tabla 18: Velocidad de sincronismo de los generadores

Número de polos	Frecuencia		Número de polos	Frecuencia	
	50 Hz	60Hz		50 Hz	60 Hz
2	3000	3600	16	375	450
4	1500	1800	18	333	400
6	1000	1200	20	300	360
8	750	900	22	272	327
10	600	720	24	250	300
12	500	600	26	231	277
14	428	540	28	214	257

VELOCIDAD DE EMBALAMIENTO.

Cuando una turbina se encuentra operando a plena potencia hidráulica y desaparece repentinamente la carga exterior, ya sea por corte del interruptor o por fallo en la excitación del alternador, la velocidad de dicha turbina aumenta hasta alcanzar lo que se conoce como velocidad de embalamiento. Esta velocidad es diferente en función del tipo de turbina, del ángulo de apertura del distribuidor y de la altura de salto. La tabla siguiente muestra la relación entre la velocidad de embalamiento y la normal de rotación para las turbinas habituales.

Tabla 19: Relación entre velocidad de embalamiento y normal de rotación de las diferentes turbinas

Tipo de Turbina	n_{max}/n
Kaplan simple regulación	2,0 – 2,6
Kaplan doble regulación	2,8 – 3,2
Francis	1,6 – 2,2
Pelton	1,8 – 1,9
Turgo	1,8 – 1,9



MEMORIA

Hay que tener en cuenta que al aumentar la velocidad de embalamiento, se encarecen el multiplicador y el generador, que habrán de diseñarse para poder resistir las fuerzas de aceleración centrífuga correspondientes.

VELOCIDAD ESPECÍFICA

Esta velocidad supone un excelente criterio de selección, más preciso y exacto sin duda que el más convencional y conocido, ya indicado, de las envolventes operacionales en función del salto y del caudal.

La velocidad específica de una turbina se define como la velocidad de un modelo de turbina homóloga, de un tamaño tal que, con una unidad de salto produce una unidad de potencia, es decir, con un salto de 1 metro, y con un caudal Q, genera 1 kW de potencia. De acuerdo con esta definición y las pertinentes normas mencionadas, la velocidad específica de una turbina viene dada por la siguiente formula:

$$\eta_{QE} = \frac{n\sqrt{Q}}{E^{3/4}} \quad (\text{Ec. 44})$$

Siendo:

n = Velocidad del rodete (rpm).

Q = Caudal (m³/s).

E = Energía hidráulica específica de la máquina (J/kg).

η_{QE} no es un parámetro adimensional. Cuando se calcula en unidades SI, la velocidad específica viene dada por la fórmula:

$$\eta_s = \frac{n\sqrt{P}}{H^{5/4}} \quad (\text{Ec. 45})$$

$$\text{Teniendo que } \eta_s = 995 \cdot \eta_{QE}$$

Siendo:

n = Velocidad del rodete (rpm).

P = Potencia (KW).

H = Altura de salto neta (m).

Todas las turbinas con idénticas proporciones geométricas, aunque de diferente tamaño, tendrán una misma velocidad específica. Si el modelo se ha afinado para que el rendimiento hidráulico sea óptimo, todas las turbinas con la misma velocidad específica, tendrán también un rendimiento óptimo.

MEMORIA

Algunos autores empleaban como velocidad específica la η_Q en función del caudal y de la altura neta de salto:

$$\eta_Q = \frac{\Omega \sqrt{P/\rho}}{(gH)^{5/4}} \quad (\text{Ec. 46})$$

$$\text{Teniendo que } \eta_q = 333 \cdot \eta_{QE}$$

Siendo:

Ω = Velocidad angular

ρ = Densidad del agua (1000 kg/m³)

En la siguiente Figura se presentan cuatro diseños de diferentes rodetes de turbinas de reacción, y su velocidad específica, optimizados desde el punto de vista del rendimiento. Se ve que, para adaptarse al salto del aprovechamiento, el rodete progresa con la velocidad específica.

Debido a esta evolución del rodete, llega un momento en el que la llanta que une el borde inferior de los alabes produce un gran rozamiento, y para evitarlo, los alabes se construyen en voladizo, dando lugar a las turbinas Kaplan, Hélice y Bulbo, utilizadas en saltos de baja altura.

Generalmente, los fabricantes de los equipos dan la velocidad específica de sus turbinas. Un gran número de estudios estadísticos, como ya se ha indicado, realizados sobre turbinas en funcionamiento, han hecho posible relacionar la velocidad específica con la altura de salto neto, en cada tipo de turbina (Tabla 20 y Figura 96).

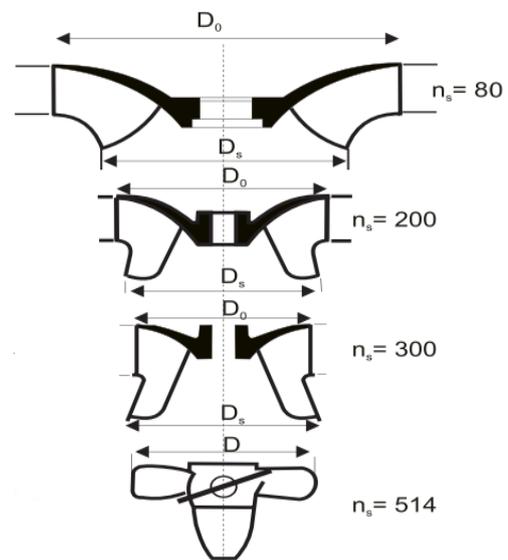


Figura 95: Rodetes de reacción y velocidad específica (Mataix, 1975)

Tabla 20: Velocidades específicas η en función de altura de salto neto

Tipo de Turbina	Velocidad específica	
Pelton (1 chorro)	$n_s = 85,49 / H^{0,243}$	Siervo y Lugaresi (1978)
Francis	$n_s = 3763 / H^{0,654}$	Schweiger y Gregori, (1989)
Kaplan	$n_s = 2283 / H^{0,654}$	Schweiger y Gregory (1989)
Flujo cruzado	$n_s = 513,25 / H^{0,486}$	(Kpordze y Warnick, (1983)
Hélice	$n_s = 2702 / H^{0,505}$	USBR (1976)
Bulbo	$n_s = 1520,26 / H^{0,2837}$	Kpordze y Wamick

MEMORIA

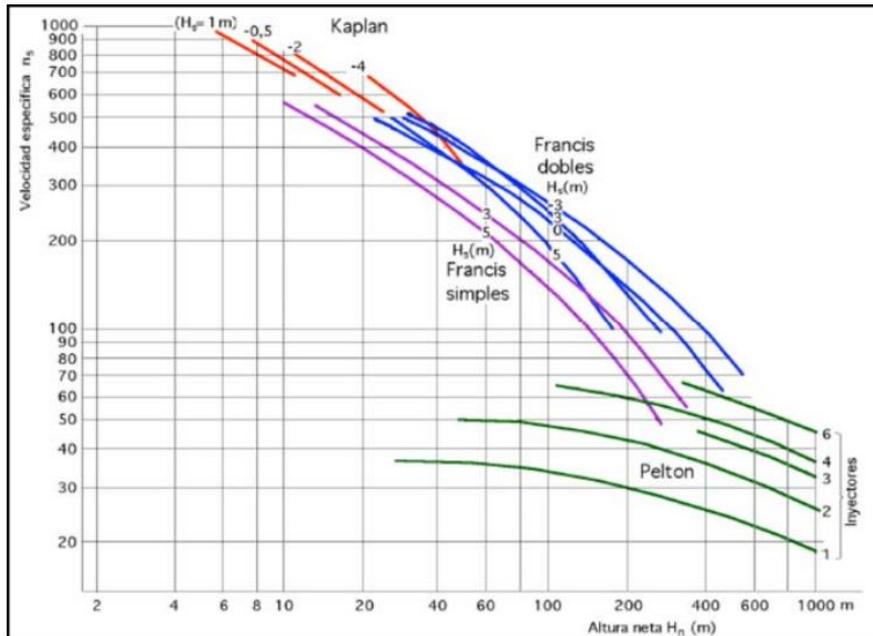


Figura 96: Correlación entre altura de salto neta H_n y velocidad específica η (Renedo, 2011)

Seguidamente se recogen los valores típicos que toman estas velocidades específicas.

Tipo de Turbina	Rango de Velocidades específicas
Pelton de una tobera	$0,005 < \eta_{QE} < 0,025$
Pelton de n toberas	$0,005 * n^{0,5} < \eta_{QE} < 0,025 * n^{0,5}$
Francis	$0,05 < \eta_{QE} < 0,33$
Kaplan, hélice, bulbos	$0,19 < \eta_{QE} < 1,55$

CAVITACIÓN

La cavitación es un proceso que se produce por la formación, y estallido, de un gran número de pequeñas burbujas, debido a la vaporización de un fluido que está en movimiento, cuando la presión ejercida sobre él desciende por debajo de su presión de vaporización. Estas burbujas terminarán explotando al ser trasladadas a zonas de mayor presión.

Se ha demostrado por la práctica, que el estallido de estas burbujas origina impulsos de presión muy elevados, que van acompañados de fuertes ruidos (cuando una turbina sufre cavitación, suena como si por ella pasasen montones de grava), y que la acción repetitiva de esos impulsos provoca una especie de corrosión difusa, creando picaduras en el metal (pitting.).



MEMORIA

Con el tiempo esas picaduras empeoran y degeneran en verdaderas grietas con arrancamiento de metal. Las elevadas temperaturas creadas por esos impulsos y la presencia habitual de gases ricos en oxígeno, aumentan la corrosión. Un alabe sometido a cavitación se encuentra, al cabo de cierto tiempo, lleno de cavidades, lo que obliga a repararlo, recargándolo por soldadura, si aún se está a tiempo, o a sustituirlo.

Para evitar este fenómeno de cavitación, habrá que realizar ensayos de laboratorio, para definir el diseño adecuado, el perfil correcto de los alabes y establecer el campo de operatividad de la turbina.

La cavitación viene caracterizada por un coeficiente σ (coeficiente de Thomas), definido según la norma IEC 60193 como:

$$\sigma = \frac{NPSE}{gH_n} \quad NPSE = \frac{P_{atm} - P_v}{\rho} + \frac{V^2}{2} - gH_s \quad (\text{Ec. 47})$$

Siendo:

NPSE = Energía neta de succión positiva.

P_{atm} = presión atmosférica (Pa).

P_v = presión del vapor de agua (Pa).

ρ = densidad específica del agua (kg/m³).

g = aceleración debida a la gravedad (m/s²).

V = velocidad media de salida (m/s).

H_n = altura de salto neta (m).

H_s = altura de succión (m).

Para evitar la cavitación, la turbina debe instalarse a una altura al menos igual a H_s , definida por la siguiente ecuación:

$$H_s = \frac{P_{atm} - P_v}{g\rho} + \frac{V^2}{2} - \sigma H_n \quad (\text{Ec. 48})$$

Un valor positivo de H_s significa que el rotor de la turbina estará situado por encima del nivel del agua en el canal de retorno y uno negativo que está situado bajo el agua.

Como primera aproximación se puede considerar que $V = 2$ m/s.



MEMORIA

La sigma de una turbina está en función de su velocidad específica y el proyectista deberá solicitarla al fabricante, que la obtendrá a partir de ensayos en laboratorio con modelos reducidos y a escala. De todos modos, De Servio y Lugaresi, basándose en los citados estudios estadísticos, establecieron para las turbinas Francis y Kaplan, la siguiente correlación entre σ y velocidad específica:

$$FRANCIS: \quad \sigma = 1,2715 \eta_{QE}^{1,41} + \frac{V^2}{2gH_n} \quad (\text{Ec. 49})$$

$$KAPLAN: \quad \sigma = 1,5241 \eta_{QE}^{1,46} + \frac{V^2}{2gH_n} \quad (\text{Ec. 50})$$

Se debe de recordar que, la altura de instalación obtenida variará sensiblemente con la altitud en la que se proyecte de la central, debido al cambio de presión, desde aproximadamente 1,01 bar al nivel del mar, hasta 0,65 bar a 3.000 m sobre el nivel del mar.

La velocidad específica y sigma de cavitación, siguen la siguiente concordancia (Figura 97):

$$\eta_{QE} \leq 0,686 \sigma^{0,5882}$$

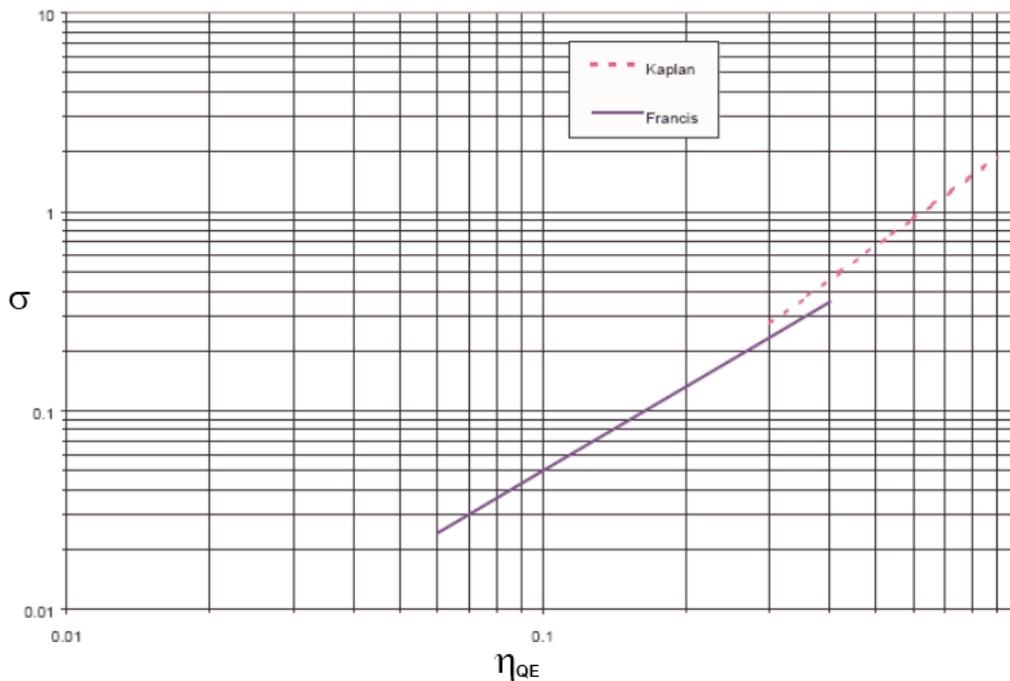


Figura 97: Límites de cavitación σ según los valores de la velocidad específica η_{QE} (ESHA, 2006)



Conviene señalar que se pueden producir fenómenos de cavitación fácilmente en el borde interior de las cazoletas de la Pelton, si no están correctamente diseñadas o si, en el proceso de fabricación, no se han acatado cuidadosamente los resultados de los ensayos en laboratorio.

6.7.1.2. *Diseño inicial*

En este capítulo del documento se exponen las ecuaciones y fórmulas necesarias para calcular las principales dimensiones de un rotor en los casos de las habituales turbinas; Pelton, Francis y Kaplan. El diseño final de una turbina es el resultado de un proceso iterativo en el que se tienen en cuenta diversos criterios, explicados en el anteriormente, como son: velocidad específica, velocidad de rotación, límites de cavitación, altura de salto etc. Esto supone que, una vez el diseño preliminar ha sido acabado, es necesario comprobar que este cumpla con todos los criterios mencionados.

El primer paso del que se parte para el diseño, sea cual sea el tipo de turbina, es la elección de la velocidad de rotación.

TURBINAS PELTON

Conocida a priori la velocidad n de giro del rotor, su diámetro se deducirá de las siguientes ecuaciones:

$$D_1 = 0,68 \frac{\sqrt{H_n}}{n}$$

(Ec. 51)

$$B_2 = 1,68 \sqrt{\frac{Q}{n_{ch}} \cdot \frac{1}{\sqrt{H_n}}}$$

(Ec. 52)

$$D_c = 1,178 \sqrt{\frac{Q}{n_{ch}} \cdot \frac{1}{\sqrt{gH}}}$$

(Ec. 53)

Siendo:

H = Salto neto (m).

n = Velocidad de rotación (rps).

Q = Caudal turbinado (m^3/s).

n_{ch} = Número de toberas.

D_1 = Diámetro del círculo que describe la línea del eje de las toberas (m).

B_2 = Anchura de la cazoleta, que es función del caudal y del número de toberas (m).

D_c = Diámetro de la tobera (m).



MEMORIA

Comúnmente, el cociente D_1/B_2 es siempre mayor de 2,7. Si no fuese así, se debería recalculer las ecuaciones con menor velocidad de rotación o con mayor número de toberas.

El caudal es función de la apertura de la tobera C_p , si tiene una sola tobera será el caudal total, y se puede estimar por la siguiente formula:

$$Q_{ch} = K_v \pi \frac{D_c^2}{4} \sqrt{2gH} \quad (\text{Ec. 54})$$

Siendo:

Q_{ch} = Caudal turbinado (m^3/s).

D_c = Diámetro de la tobera (m).

g = Constante gravitacional (m/s^2).

H = Salto neto (m).

K_v = Coeficiente en función de la apertura relativa $a = C_p / D_c$.

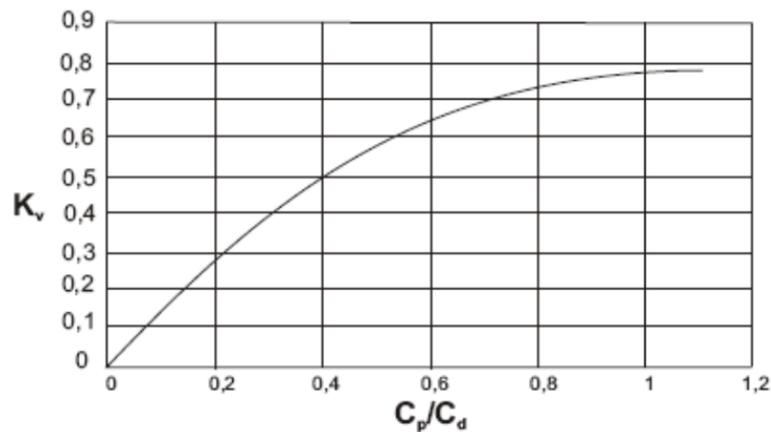


Figura 98: Coeficiente K_v en función de la apertura relativa

El artículo de Siervo y Lugaresi (1978) ya mencionado, permite calcular otras dimensiones.

TURBINAS FRANCIS

Las turbinas Francis cubren un amplio espectro de velocidades específicas, desde 0,05 para las lentas de gran altura de salto hasta 0,33 para las de baja altura de salto. La Figura expuesta, muestra la sección transversal de un rodete Francis en la que se detallan los diámetros de referencia D_1 , D_2 y D_3 .

Los trabajos de Siervo y Leva (1976) y de Lugaresi y Massa (1987), permiten realizar un diseño preliminar de la turbina Francis, ya que están basados en el estudio estadístico de más de doscientas turbinas en funcionamiento, pero al igual que sucede con todos los trabajos estadísticos, sus resultados no hacen posible un diseño final, principalmente en lo que respecta al criterio de cavitación ya descrito.

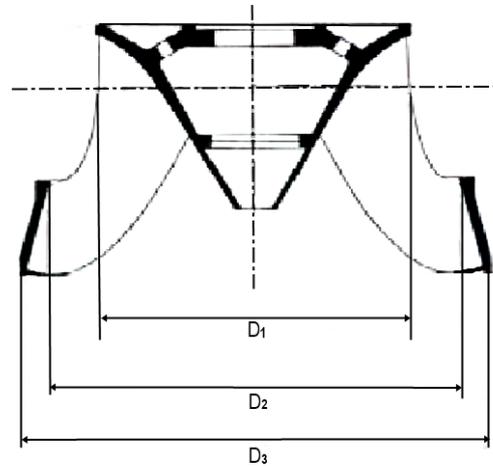


Figura 99: Sección transversal de rodete Francis (Mataix, 1975)

Según estos estudios, los diámetros antes indicados (Figura 99) vienen dados por las fórmulas:

$$D_1 = \left(0,4 + \frac{0,095}{\eta_{QE}}\right) D_3 \quad (\text{Ec. 55})$$

$$D_3 = 84,5 \left(0,31 + 2,488 \eta_{QE}\right) \cdot \frac{\sqrt{H_n}}{60 n} \quad (\text{Ec. 56})$$

$$D_2 = \frac{D_3}{0,96 + 0,3781 \eta_{QE}} \quad (\text{Ec. 57}) \quad \text{Si } \eta_{QE} > 0,164$$

$$\text{Si } \eta_{QE} < 0,164 \quad \text{Se admite que } D_1 = D_2$$

Siendo:

D_1 y D_2 = Diámetros de entrada (m).

D_3 = Diámetro de salida (m).

η_{QE} = Velocidad específica ($\text{rpm kW}^{0.5} \text{ m}^{-1.25}$)

n = Velocidad de rotación (rps)

H = Altura de salto neta (m).

Para el cálculo de otras dimensiones se debe de consultar los documentos mencionados.

TURBINAS KAPLAN

Las turbinas Kaplan tienen velocidades específicas mucho mayores que las Pelton y las Francis.

En la fase inicial del proyecto, el diámetro del eje del rodete D_i , y el diámetro exterior D_c , ambos en metros, pueden calcularse de la siguiente forma:

$$D_i = \left(0,25 + \frac{0,0951}{\eta_{QE}}\right) D_c \quad (\text{Ec. 58})$$

$$D_c = 84,5 \left(0,79 + 1,602 \eta_{QE}\right) \cdot \frac{\sqrt{H_n}}{60 n} \quad (\text{Ec. 59})$$

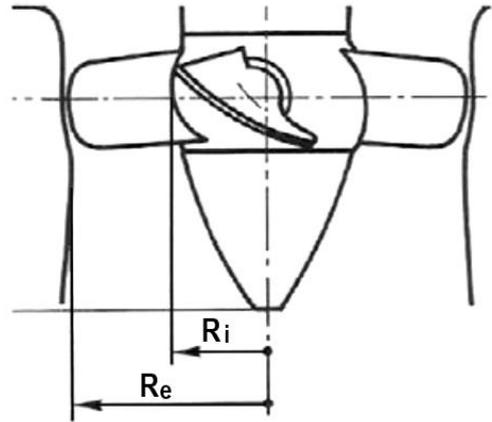


Figura 100: Rotor turbina Kaplan (Mataix, 1975)

Siendo:

η_{QE} = Velocidad específica (rpm kW^{0.5} m^{-1.25})

n = Velocidad de rotación (rps)

H = Altura de salto neta (m).

De igual forma, los autores antes mencionados permiten el cálculo de otras dimensiones por medio de sus trabajos (De Siervo y De Leva, 1978; Lugaresi y Massa, 1988).

6.7.1.3. Rendimiento de las turbinas. Necesidad del Difusor.

Los fabricantes de turbinas aseguran un rendimiento que está basado en el «International Code for the field acceptance tests of hydraulic turbines» (publicación IEC-60041) o, cuando es aplicable, en el «International Code for model acceptance tests» (publicación IEC-60193). El rendimiento se calcula como la relación entre la potencia mecánica transmitida al eje de la turbina (potencia útil) y la potencia hidráulica correspondiente al caudal y salto nominales (potencia suministrada):

$$\eta = \frac{P_{mec}}{P_h} \quad (\text{Ec. 60})$$



MEMORIA

En las turbinas de acción (Pelton y Turgo), se pierde una cierta altura de salto en comparación a las turbinas de reacción, en las que el plano de referencia es la propia lámina de agua, ya que esta altura se mide hasta el punto de impacto del chorro, el cual estará situado siempre por encima del nivel de la lámina de agua en el canal de descarga, para así evitar que el rodete quede sumergido en épocas de riadas. En el caso de las turbinas de flujo cruzado, no existe aún ningún código que especifique la altura de salto en el cálculo del rendimiento, por lo que cuando se comparan soluciones con turbinas de este tipo, hay que extremar las precauciones. En cualquier caso, para establecer una aproximación, si se mide la altura de salto con el mismo criterio que en las turbinas Pelton, su rendimiento rara vez supera el 84%.

En el conjunto de las turbinas de reacción, también existen unas pérdidas características, y hacen que el rodete utilice una altura inferior al salto neto H_n . Estas pérdidas son fundamentalmente pérdidas de fricción y se producen en la cámara espiral, en los alabes directores del rodete, y sobre todo en el tubo de aspiración o difusor.

El difusor tiene como objetivo recuperar el mayor porcentaje posible de la pérdida de energía cinética correspondiente a la velocidad del agua al salir del rodete. Esta misión es esencial en los rodetes de alta velocidad específica, en los que estas pérdidas podrían llegar a alcanzar el 50% del salto (mientras que en las Francis lentas apenas representan el 3%-4%). La columna de agua que acciona la turbina corresponde, por tanto, al salto neto menos la pérdida equivalente a la energía cinética disipada en el tubo de aspiración, cuantificada por la expresión $V_e^2/2g$ (siendo V_e la velocidad media a la salida del tubo de aspiración). Es por eso que, en la mayoría de las ocasiones y sobre todo con altas velocidades específicas, para reducir la velocidad media a la salida del tubo de aspiración y minimizar esta pérdida, se aumenta el área de la sección de salida, lo que origina un perfil cónico. No obstante, si se pretende impedir que la vena de agua se separe de las paredes, el ángulo del cono no puede superar los 7 grados, aunque en ocasiones, pueden resultar tubos muy largos y, por lo tanto, caros, asique es frecuente también encontrar difusores con conicidad cercana a los 15 grados. También es importante tener en cuenta el movimiento rotacional que lleva el agua a la salida de la turbina, que puede llevar a inestabilidades y variación de presiones, pero dentro de unos límites, mejora el rendimiento del difusor.

Por todo lo descrito, el comportamiento del difusor es de tal repercusión, que se aconseja que sea el constructor el que lo suministre, o al menos lo diseñe, ya que un difusor bien diseñado permitirá no perder prácticamente altura de salto, aun cuando la turbina se instale por encima del nivel del canal de descarga.

MEMORIA

La turbina se diseña para trabajar con el caudal nominal, como se ha visto anteriormente, ya que, generalmente, el rendimiento es máximo. Cuando el caudal varía de este valor, tanto hacia arriba como hacia abajo, varía también el rendimiento, hasta llegar al caudal inferior al mínimo técnico, en el que la turbina no puede seguir funcionando. La Figura 101, muestra las curvas de rendimiento de distintos tipos de turbinas en función del caudal.

Las turbinas Kaplan de doble regulación tienen un rendimiento tolerable a partir del 20% del caudal nominal. Las semi-Kaplan solo operan eficazmente a partir del 40% del nominal y las Francis con cámara espiral solo a partir del 50%. Por debajo del 40% una turbina Francis, dependiendo de su diseño y de las condiciones en que ha sido instalada, puede sufrir vibraciones e inestabilidades en su funcionamiento y obligan a su parada. Las turbinas de flujo cruzado, para el caudal nominal, tienen un rendimiento algo menor a las Pelton, Francis o Kaplan, pero pueden trabajar con una eficiencia igual o similar en un mayor rango de caudales.

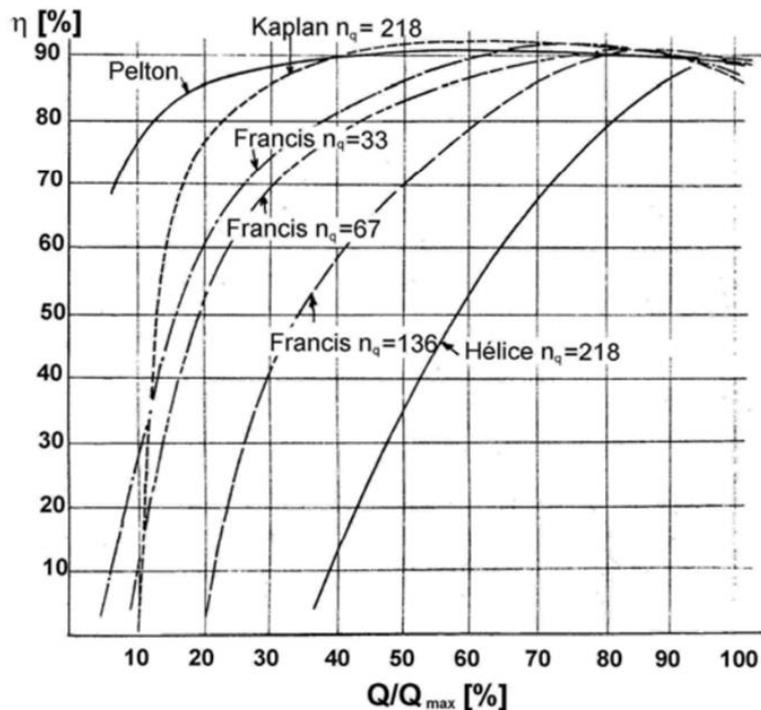


Figura 101: Rendimiento de turbinas (Cuesta y Vallarino, 2000)

En la tabla 21 se recoge el valor del rendimiento típico máximo garantizado por los fabricantes, para varios tipos de turbinas. Para estimar el rendimiento global del equipo, este rendimiento deberá ser multiplicado por los rendimientos del multiplicador (si se ha instalado) y del generador.



MEMORIA

Tabla 21: Rendimientos máximos asegurados por los fabricantes

Tipo de Turbina	Mayor rendimiento
Kaplan simple regulación	0,91
Kaplan doble regulación	0,93
Francis	0,94
Pelton1 tobera	0,90
Pelton n toberas	0,89
Turgo	0,85

Para cerciorarse de que la turbina que se va a instalar va a funcionar correctamente, conviene exigir una garantía del fabricante, basada en los resultados obtenidos con turbinas homologas en laboratorio.

6.7.1.4. Curvas características de las turbinas.

Los fabricantes de turbinas determinan en laboratorio, sobre modelos homólogos reducidos y con los mismos criterios empleados para determinar la velocidad específica, curvas que correlacionan sus principales características. De esta forma, establecen una mayor garantía para su buen funcionamiento.

CURVAS PAR-VELOCIDAD.

Son curvas (Figura 102) que relacionan como varía el par con la velocidad de giro, para diferentes grados de admisión. Las deducciones indican que, al aumentar la velocidad el par disminuye linealmente, para un valor dado de la admisión. El valor máximo corresponde a la velocidad $n=0$, que da a la turbina un par de casi dos veces el nominal. El punto en el que estas curvas cortan al eje de abscisas (par nulo) es lo que se conoce como velocidad de embalamiento n_e .

CURVAS POTENCIA-VELOCIDAD

Son curvas (Figura 103) que se trazan en función del grado de admisión α para un salto neto constante. Las curvas, de forma parabólica, cortan al eje de las abscisas en dos puntos que corresponden a n_0 y n_e .

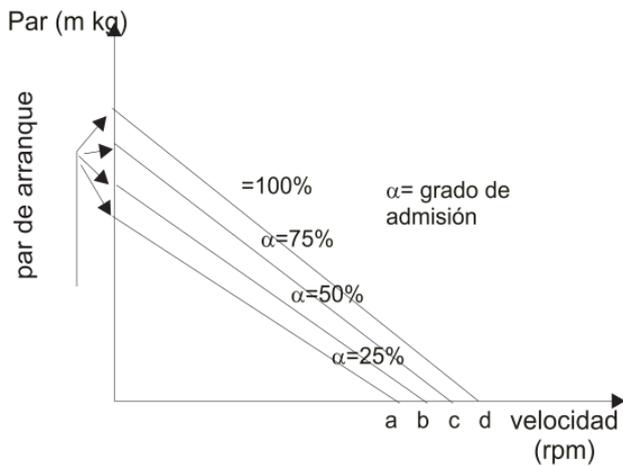


Figura 103: Curvas Par-Velocidad (ESHA, 1998)

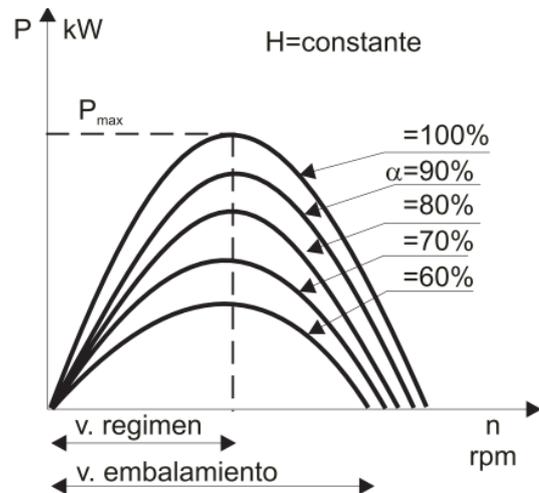


Figura 102: Curva Potencia-Velocidad (ESHA, 1998)

CURVAS CAUDAL-VELOCIDAD

Son curvas prácticamente rectilíneas (Figura 104), que indican el caudal admitido por la turbina en función de la velocidad, para una altura de salto fija y un grado de admisión variable. En las turbinas Pelton, las rectas son prácticamente horizontales; en las Francis lentas son descendentes (al aumentar la velocidad la turbina admite menos caudal); y en las Francis rápidas, ascendentes.

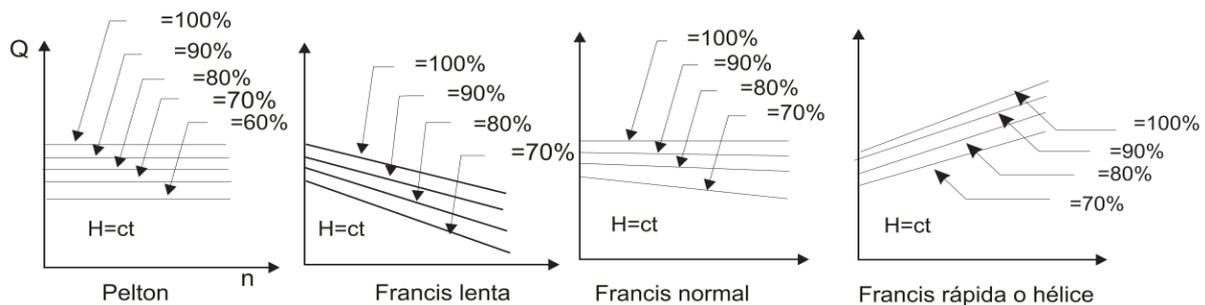


Figura 104: Curvas Caudal-Velocidad (ESHA, 1998)

CURVAS DE NIVEL

Cuando en el plano caudal-velocidad, se unen los puntos de igual rendimiento, se obtienen curvas semejantes a las curvas de nivel de un plano topográfico (Figura 105). Si se combinan con la potencia como tercer eje, estas curvas tridimensionales forman lo que se conoce como colina de rendimientos.

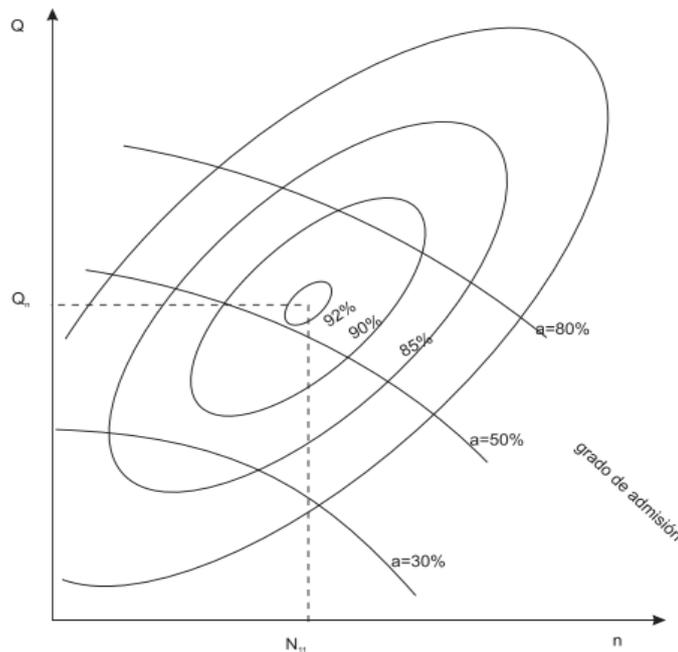


Figura 105: Curvas de nivel (ESHA, 1998)

6.7.2. Multiplicador

Como se expuso en el capítulo 6.5.2.3., el tipo de multiplicador se elegirá conforme la potencia:

Paralelos: Potencias medias.

Cónicos: Pequeñas potencias.

Epicycloidales: Potencias de más de 2 MW.

De correa (plana o trapezoidal). Utilizados en bajas potencias.

DISPOSICIÓN

La caja del multiplicador se diseña para asegurar la correcta alineación de los componentes aun cuando se encuentren sometidos a solicitaciones extremas. Generalmente se fabrican de acero soldado, robustamente rigidizado para que pueda aguantar, sin deformarse, el empuje transmitido por la turbina y el par transferido por el generador. En el caso del reductor, tiene que resistir mayores esfuerzos debido a situaciones excepcionales que pueden producirse, tal como un defecto de sincronismo, un cortocircuito o un embalamiento de la turbina, que pueden generar esfuerzos puntuales capaces de romper los engranajes.



MEMORIA

Para proteger los engranajes de estas solicitaciones, se aconseja emplear limitadores de par, para que ocasionen la rotura de la pieza que hace de acoplamiento al presentarse una sobrecarga excesiva. Los multiplicadores se diseñan según las normas (AGMA 2001, B88 o DIN 3990) pero teniendo en cuenta los esfuerzos y utilizando criterios conservadores en su evaluación. Esto crea un conflicto con la necesidad de reducir costos, por lo que se debe de llegar a un equilibrio entre fiabilidad y precio, analizando cuidadosamente el dimensionado y elección de todos los componentes. Un buen conocimiento de las cargas de fatiga y, en su caso, una gran precisión en el tallado de los engranajes, son condiciones imprescindibles para garantizar la estabilidad y conservación de un multiplicador.

La elección de los cojinetes es decisiva para el diseño del multiplicador. Por debajo de 1 MW pueden utilizarse rodamientos de rodillos, cuya durabilidad está limitada por el fenómeno de fatiga, pero, para mayores potencias resulta difícil encontrar rodamientos con una garantía de vida aceptable, por lo que se emplean cojinetes hidrodinámicos a partir de dicha potencia, los cuales tienen una vida prácticamente ilimitada y permiten una cierta contaminación del aceite, cosa que no es posible en los rodillos.

Sin embargo, en cualquier caso, para asegurar una buena lubricación y correcto funcionamiento, es aconsejable utilizar doble bomba y doble filtro de aceite, así como asegurarse de que se mantiene siempre dentro de las especificaciones en cuanto a volumen, calidad, temperatura y viscosidad.

MANTENIMIENTO

El 70% de las averías se deben a la deficiencia o al deterioro del circuito de lubricación, ya que puede entrar agua o los filtros pueden atascarse. Para evitar esto, los programas de mantenimiento se deben llevar a cabo determinando los periodos de tiempo para cambio de filtros y de lubricante, o lo que es más recomendable, se debe analizar periódicamente el lubricante para mantener las condiciones especificadas.

6.7.3. Elección del Generador

El generador, como se indicó anteriormente en el capítulo 6.5.2.4., tiene como objetivo transformar la energía mecánica, suministrada por la turbina, en energía eléctrica. Inicialmente, se recurría a generadores de corriente continua; actualmente, salvo excepciones, se utilizan alternadores trifásicos de corriente alterna únicamente.



Se puede escoger, en función de la red que lo alimente, entre sus dos tipos, cuya descripción detallada se recoge en el capítulo mencionado:

ALTERNADORES SÍNCRONOS:

Cuentan con un sistema de excitación asociado a un regulador de tensión para que pueda generar energía eléctrica de forma aislada o antes de ser conectado a la red, con el mismo voltaje, frecuencia y ángulo de desfase, así como la energía reactiva requerida por el sistema una vez conectados.

ALTERNADORES ASÍNCRONOS:

Son simples motores de inducción con rotor en jaula de ardilla, sin posibilidad de regulación de tensión, por lo que giran a una velocidad proporcional a la frecuencia de la red a la que están conectados, de la que extraen su corriente de excitación y absorben la energía reactiva necesaria para su propia magnetización. Esta energía reactiva puede compensarse con baterías de condensadores, si se considera conveniente. No pueden suministrar su propia corriente de excitación, por lo que no son capaces de generar corriente cuando están desconectados de la red o de las baterías.

Normalmente si la potencia es mayor a 5.000 kVA, se emplean generadores síncronos, y los generadores asíncronos cuando la potencia es inferior a 500 kVA. Entre 500 kVA y 5.000 kVA la elección viene condicionada por la capacidad de la red de distribución.

Los alternadores síncronos son más caros que los asíncronos, pero el rendimiento de estos últimos, en todo el campo de funcionamiento, es de un dos a un cuatro por ciento inferior al de los alternadores síncronos.

La tensión producida está definida por la potencia del generador. Lo normal es generar a 380 V hasta 1.400 kVA y a 6000/6600 para potencias mayores. Esta generación tiene la ventaja de poder emplear transformadores normalizados de distribución como transformadores del grupo, y de poder extraer del secundario, la potencia necesaria para los servicios auxiliares de la central. Cuando se genera en alta tensión la potencia para los servicios auxiliares se extrae de la línea a través de un transformador AT/BT.

A continuación, se muestra una tabla en la que se indican las diferencias fundamentales entre los dos tipos de generadores, para poder elegir el tipo más adecuado en función de los requerimientos de cada caso.



MEMORIA

Tabla 22: Tabla comparativa entre el generador síncrono y asíncrono

ASÍNCRONO-INDUCCION	SÍNCRONO
Estructura del rotor	
Barras de cobre no aisladas	Cable o barras aisladas
Relativamente poco conductores	Bobinado con muchas vueltas
Devanados rígidos alojados en las ranuras	Alto desgaste en los polos salientes
Pocas pero grandes conexiones soldadas	Muchas pequeñas conexiones
Pocos componentes básicos	Muchos componentes básicos
Excitación	
Requiere una fuente externa	Necesidad de un medio de excitación de corriente continua
No existen ni las escobillas ni los anillos rozantes	Escobillas, anillos rozantes o imanes permanentes
Requiere el orden $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ la excitación demandada por el generador síncrono	
Señal Generada	
Tendencia a amortiguar los armónicos en la señal del sistema	Tendencia a generar los armónicos debido a la reacción de inducido en carga
	Efectúa control de frecuencia y tensión
Se comporta como elemento pasivo	Se comporta como elemento activo
Conexión a la red	
Mínima alteración ya que utiliza un dispositivo que va midiendo la velocidad y cierra el contacto cuando se alcanza la velocidad de sincronismo	Requiere un complejo equipamiento para el control y la sincronización
Costes	
Bajo precio	Alto precio
No requiere la presencia de personal en la instalación	Se requiere de personal en la operación
Bajo mantenimiento	Mantenimiento regular de las escobillas
Eficiencia ligeramente baja	Alta eficiencia
Factor de potencia en retraso	Factor de potencia en adelanto



MEMORIA

Los generadores, sea cual sea el tipo o disposición de turbina instalada, pueden ser de eje horizontal o de eje vertical, pero generalmente adoptan la misma configuración que esta. En las turbinas Kaplan o Hélice dispuestas en ángulo se emplea en algunas ocasiones un reductor con reenvío a 90º para aprovechar mejor el espacio disponible.

Otro criterio en la disposición de los generadores, es la orientación de sus cojinetes. En el caso de las turbinas Francis y Pelton de eje horizontal, es bastante habitual recurrir a un generador horizontal con dos cojinetes y montar en voladizo el rotor de la turbina para evitar que el eje atravesase el tubo de aspiración, lo que aumentaría la pérdida de carga y complicaría su fabricación.

Estos generadores, si son pequeños, se refrigeran con aire en circuito abierto, y cuando son mayores, se refrigeran por agua en circuito cerrado, utilizando intercambiadores agua-aire.



6.8. Calculo de potencia

La minicentral hidroeléctrica cuenta con una potencia disponible que varía en función del caudal de agua disponible para ser turbinado, el salto existente en cada instante, el rendimiento de los equipos y las horas de funcionamiento.

Para calcular la máxima potencia producida en el aprovechamiento, denominada Potencia Nominal, por el generador en condiciones de diseño, se utiliza la siguiente fórmula:

$$P_n = 9,81 \cdot Q_n \cdot H_n \cdot R_t \cdot R_g \cdot R_{tr} \quad (\text{Ec. 61})$$

Siendo:

P_n = Potencia nominal en KW

Q_n = Caudal de equipamiento en m^3/s

H_n = Salto neto de diseño en metros

R_t = Rendimiento de la turbina para H_n y Q_n de diseño

R_g = Rendimiento nominal del generador

R_{tr} = Rendimiento nominal del generador

Los rendimientos de las turbinas, generadores y transformadores son facilitados por los fabricantes de los propios equipos. Si no se cuenta de datos más precisos, se puede estimar el rendimiento del generador en un 95% para condiciones de funcionamiento nominal (Fritz, 1984).

Sin embargo, para una estimación inicial, puede tomarse como factor de eficiencia, que comprende todos estos rendimientos del equipo electromecánico de la minicentral, un valor próximo a 0,8 (Castellano y Torrent Burgués, 2009).

También hay que tener en cuenta en este cálculo, que en ocasiones se puede instalar un multiplicador de velocidad entre la turbina y el generador, el cual también produce pérdidas mecánicas, alcanzando un rendimiento próximo al 98%.

La producción de la minicentral puede estimarse, en una primera aproximación, multiplicando esta potencia por el número previsto de horas de funcionamiento.



6.9. Viabilidad Económica

El estudio económico tiene como objetivo evaluar la rentabilidad del proyecto a realizar, en este caso, el de una minicentral, considerando, si las hubiera, las diferentes posibilidades planteadas para averiguar cuál de ellas resulta más rentable. El coste de inversión e implantación de una central hidroeléctrica está en función de distintos factores a lo largo de su ejecución, por lo que, para realizar este estudio, se tiene que tener en cuenta las distintas partes del proceso y los costes de cada una (Marín Urueña, 2007).

Primero se elabora el proyecto, de construcción e instalación, de la minicentral hidroeléctrica, donde se define el volumen de obra, el equipamiento y la potencia a instalar. Tras esto, viene la fase de ejecución del proyecto, en la que se diferencian los tres aspectos que influyen principalmente en la inversión necesaria para la puesta en funcionamiento de una minicentral hidroeléctrica: obra civil, grupo turbogenerador, sistema eléctrico y de control. Aunque debe incluir también el proyecto, la dirección de obra, los permisos, tasas y expropiaciones, impuestos, etc. Los porcentajes correspondientes a cada parte varían según el tipo de actuación (ya sea rehabilitación o nueva construcción) y según el tipo de central (fluyente, pie de presa o canal de riego o abastecimiento).

La última fase será la puesta en marcha de la minicentral, que implica costes de explotación, mantenimiento y reparación. Hay que tener en cuenta que esto comprende los costes de personal, materiales de repuestos, seguros, impuestos, tasas, además de los costes generales derivados de la organización y administración. El cálculo de estos últimos costes se efectúa anualmente y depende de diversos factores como el tipo de equipo instalado, el grado de automatismo y el índice de averías. Se puede estimar inicialmente que estos gastos son del orden del 2 al 5% de la inversión a realizar (Goldsmith, 1993).

Los ingresos se obtienen de la venta de la electricidad generada al precio de régimen especial según el RD 413/2014 y los gastos de mantenimiento se calculan en función de la potencia instalada en la central.

Con los datos económicos de los costes y las características del aprovechamiento, se calcularán el periodo de retorno simple, el índice de energía y el índice de potencia como parámetros típicos que miden la rentabilidad del proyecto en una primera estimación. A continuación, se llevará a cabo un estudio detallado por el método del valor actual neto (VAN) y se calculará también la tasa interna de retorno (TIR).



6.9.1. Índices de rentabilidad

Para calcular los distintos índices de rentabilidad mencionados en la introducción, se necesitan los datos de la inversión inicial (I_0), la energía generada disponible para vender (E_{anual}) y los ingresos (I_{anual}) y gastos (G_{anual}) anuales.

La inversión inicial se calcula con el presupuesto de las obras y equipos antes indicados. Para el cálculo de la energía generada cada año, se tomarán los datos de caudal y salto mensual, del año representativo elegido en el estudio hidrológico, y se obtendrán los valores de potencia generada, aplicando el rendimiento de la turbina según las curvas de rendimiento mostradas en el capítulo 6.5.2.2. y multiplicando por las horas de funcionamiento de la central.

Los ingresos anuales se calculan multiplicando la energía por el precio de venta de régimen especial, que según el RD 413/2014 es de 8,0613 c€/ KWh, mientras que los gastos de operación se aproximan por la ecuación que aparece a continuación:

$$G_{\text{anuales}} = 450 \cdot \sqrt{\text{Pot (KW)}} \quad (\text{Ec. 62})$$

6.9.1.1. Periodo simple de retorno

Se puede definir como una aproximación del tiempo en que se recupera la inversión inicial, sin tener en cuenta medios de financiación externos ni las fluctuaciones de los precios. Se estima se la siguiente manera:

$$P. R. = \frac{I_0(\text{€})}{(I_{\text{anuales}} - G_{\text{anuales}}) \left(\frac{\text{€}}{\text{año}} \right)} \quad (\text{Ec. 63})$$

El periodo de retorno en proyectos de minicentrales hidroeléctricas es generalmente de entre 6 a 12 años.



6.9.1.2. Índice de Energía

El índice de energía es el coste del KWh de energía eléctrica generada cada año y se obtiene dividiendo la inversión inicial entre la energía anual. Su unidad es el cent€/KWh.

$$I. E. = \frac{I_o(\text{€})}{E_{\text{anual}}(\text{KWh})} \quad (\text{Ec. 64})$$

El coste de la energía anual típico es entre 30 y 70 cent€/KWh.

6.9.1.3. Índice de Potencia

El índice de potencia es el coste del KW de potencia instalado y se calcula dividiendo la inversión inicial entre la potencia instalada. Su unidad es el €/KW.

$$I. E. = \frac{I_o(\text{€})}{P_{\text{instalada}}(\text{KW})} \quad (\text{Ec. 65})$$

El coste de la potencia instalada de referencia se sitúa entre 1200 y 2000 €/KW.

6.9.2. Rentabilidad de la inversión

6.9.2.1. Valor Actual Neto (VAN)

Se denomina VAN de una inversión, a la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial. Es decir, es la cantidad que, durante n años con una tasa de interés i , generarían los beneficios A de la central, descontando la inversión inicial de esta ya que, en este tipo de proyectos, se desembolsa inicialmente el total de la inversión, teniendo posteriormente cargas monetarias que estarán compuestas de ingresos y gastos, generalmente variables. La fórmula para su cálculo es:

$$VAN = -I_o + \sum_{n=1}^n \frac{I_{\text{anuales}} - G_{\text{anuales}}}{(1+i)^n} \quad (\text{Ec. 66})$$



Si un proyecto de inversión tiene un VAN positivo, significa que la valoración de los flujos de caja es superior al desembolso inicial de la misma, por lo que el proyecto es rentable. Entre dos o más proyectos, el más rentable es el que tenga un VAN más alto.

6.9.2.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Se denomina tasa interna de rentabilidad (TIR) a la tasa de retorno que hace que el VAN de una inversión sea igual a cero. Este método considera que una inversión es aconsejable si la TIR resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor, es decir, El TIR se puede tomar como la tasa de interés que el proyecto es capaz de proporcionar. Entre varias alternativas, la más conveniente será aquella que ofrezca una TIR mayor.

Se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$VAN = 0 \quad I_o = \sum_{n=1}^n \frac{I_{anuales} - G_{anuales}}{(1+TIR)^n} \quad (\text{Ec. 67})$$

Este método para calcular la rentabilidad tiene más críticas ya que su cálculo tiene mayor dificultad. Se realiza, generalmente, por iteración o interpolación lineal, aunque hoy en día, las hojas de cálculo facilitan esta estimación.

Pero la más trascendental crítica del método y principal defecto, es la inconsistencia matemática en los proyectos en los que hay que efectuar otros desembolsos, además de la inversión inicial, durante la vida útil del mismo, ya sea debido a pérdidas del proyecto, o a nuevas inversiones adicionales.

La tasa de rentabilidad interna es un indicador de rentabilidad relativa del proyecto, por lo que, cuando se hace una comparación de TIR de dos proyectos, no tiene en cuenta la posible diferencia en las dimensiones de los mismos. Una gran inversión con una TIR baja puede tener un VAN superior a un proyecto con una inversión pequeña con una TIR elevada.



7. MODELO DE APROVECHAMIENTO EN EL RIO BERNESGA

7.1. Introducción

En este capítulo del documento se expone un ejemplo de un posible modelo de aprovechamiento minihidroeléctrico en el cauce del río Bernesga, en el nuevo barrio de “Eras de Renueva” en la ciudad de León.

Se aplicará todo lo anteriormente descrito en la guía de instalación de este tipo de aprovechamientos, recogiendo los cálculos en los anexos correspondientes, y se realizará el estudio de viabilidad económica, que analizará su rentabilidad, así como estudio de mitigación del impacto ambiental y de seguridad y salud que todo proyecto constructivo debe contener.

7.2. Objetivo y alcance

Se redacta el siguiente documento, que recoge las Instalaciones electromecánicas de un posible ejemplo de aprovechamiento hidroeléctrico, así como la obra civil que se deberá instalar, como un documento que tiene por objeto definir y valorar dichas obras y los equipos electromecánicos, eléctricos y automatismos de control de la central, elaborando posteriormente el estudio económico, de modo que sirva para demostrar la viabilidad de este tipo de aprovechamientos.

Se acompaña con los cálculos necesarios para su elaboración, estudiando las condiciones del caudal y el salto neto posibles de ser aprovechados, determinando las condiciones nominales que optimizan la producción.

Se elabora el diseño y especificación de los distintos elementos de la central: Obra civil, turbina, generador, sistema de mando y control, etc., para que sirva de apoyo técnico para la realización de proyectos similares.

Para finalizar, se completa con los estudios de seguridad y salud, de mitigación de impacto ambiental y del pliego de preinscripciones técnicas requeridos, para que, de igual forma, oriente en los futuros proyectos de implantación de centrales minihidroeléctricas.

7.3. Situación y emplazamiento

La minicentral del posible modelo que se expone se encuentra en el río Bernesga, a las afueras de la ciudad de León, en el azud del puente de Eras de Renueva, a una altitud topográfica de unos 832 metros aproximadamente con respecto al nivel del mar.

Se situará en la margen izquierda del río, con acceso desde el paseo peatonal existente en el barrio citado. Será un edificio que en alzado tiene forma de T, apoyándose uno de los brazos en el paseo.

El río atraviesa la ciudad en dos partes. La escasa comunicación en cuanto a puentes, o el carácter industrial de la margen opuesta, con la presencia del ferrocarril, ha hecho que la ciudad se desarrolle en mayor medida sobre el margen de la ciudad histórica. Este barrio, en el que se diseña el aprovechamiento, es de reciente creación, contando con nuevas viviendas y el centro comercial “Espacio León” a los que la minicentral abastecería de energía eléctrica.

La edificación no tiene superficie de parcela asignada según indicaciones de la propiedad, sino que se sitúa en un punto en el río. El titular del suelo donde se asienta es el Ayuntamiento de León y la Confederación Hidrográfica del Duero es la entidad que regula las edificaciones en el entorno inmediato de los cauces como propietaria del DPH (Dominio Público Hidráulico).



Figura 106: Plano de situación

El edificio se situará de tal manera que permita el acceso desde el paseo de Eras de Renueva y al tratarse de un edificio singular, no está regulado por ninguna alineación.

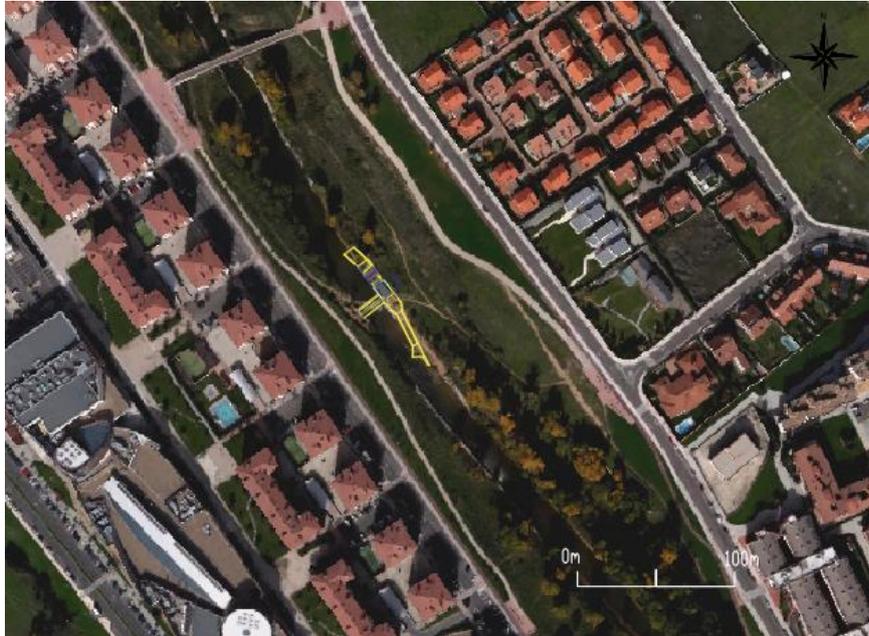


Figura 107: Localización de la central (Planta)

El terreno en cuestión dispone, en proximidad, de los servicios de agua potable, electricidad, alcantarillado y red de telefonía, así como de acceso rodado.

Habrá que establecer los servicios correspondientes a las redes interiores de abastecimiento y saneamiento de agua, distribución en B.T. de energía eléctrica, distribución de telefonía y telecomunicaciones.

7.4. Programa de necesidades

El objetivo del encargo modelo, que sirve de base al presente proyecto, es realizar un edificio para el aprovechamiento de energía hidráulica en el río Bernesga, realizando la construcción de una central minihidroeléctrica.

El proyecto se desarrolla en una planta sobre rasante del paseo, y se colocará la minicentral incrustada en el lecho del río, a la altura del azud para intentar aprovechar el pequeño salto de agua ya existente.



Dicho proyecto supondrá la integración de la componente de difusión tecnológica a la población de León utilizando para ello el río Bernesga a su paso por la ciudad.

La explotación de los recursos hidráulicos existentes en el lugar servirá para garantizar los recursos necesarios para asegurar la viabilidad económica del proyecto global.

El proyecto consistirá básicamente en un edificio singular en el que se observará, en todos sus elementos, un especial respeto a su integración estética y medioambiental en el entorno.

En él, se recogerán los dispositivos electromecánicos encargados de aprovechar y transformar la energía del agua en energía eléctrica. Y el resto de instalaciones, como es la obra civil, se instala a la intemperie intentando, de igual manera, mantener la integración medio ambiental.

7.5. Descripción general de las obras

La minicentral estará equipada con los elementos que a continuación se describen:

- Colector para la entrada de agua a la minicentral, formado por un cajón que desemboca en la tubería, cuyo tramo final conecta esta con la entrada a la turbina.
- Una reja de finos y limpiarejas de acero galvanizado para evitar la entrada de elementos de mayor tamaño que el circuito hidráulico, y limpiarejas motorizado.
- Una turbina Kaplan, en bulbo tamaño K103/3-1900 con un caudal máximo de 20m/s y una potencia máxima del eje de 760 KW.
- Un multiplicador con velocidades 190 y 750 r.p.m. en ejes lento y rápido respectivamente y potencia 900 KW.
- Un generador asíncrono trifásico con 850 KVA de potencia nominal, de tensión nominal 380 V, equipado con sistema de excitación, regulación de tensión y equipo de refrigeración para el cojinete de empuje.
- Un puente grúa de 8 toneladas para instalación y mantenimiento de los equipos de la minicentral y constituido por estructura, mecanismo de traslación y carro de mecanismos.



MEMORIA

- Un conjunto de celdas de 380 V, tipo inferior, para contener el interruptor y los equipos de medida y protección eléctrica del generador, así como el transformador de 50 KVA para Servicios Auxiliares.
- Un transformador principal, para elevar la tensión de generación al valor de la tensión de la red (13.2 – 20 KV) a la que se pretende conectar la minicentral. La potencia del transformador será de 1.000 KVA y su relación 380/13.200-20.000 V.
- Un conjunto de celdas de 20 KV para protección y medida de la interconexión.
- Un Cuadro de Mando y Control dotado de los elementos necesarios para el control, regulación, protección y automatismo de las instalaciones, así como el equipo necesario para el telecontrol a distancia.
- Un Cuadro de Distribución de los Servicios Auxiliares de la Minicentral a 380/220 V, así como un armario para la maniobra y protección de los servicios propios del grupo.
- Sistema de alimentación ininterrumpida a 125 V.c.c. y 24 V.c.c., para los servicios esenciales y de control, a base de equipos de baterías con rectificadores – cargadores automáticos.
- Equipo de extracción de aire caliente de la sala de máquinas.
- Electrobombas de funcionamiento automático para evacuación y achique.
- Un conjunto de instalaciones auxiliares como el alumbrado, red de tierra, extintores de incendios y equipo de seguridad y primeros auxilios.
- Equipo telefónico para enlazar la Minicentral con la red nacional.
- Equipo de alarma contra intrusismo.
- Salida para la línea eléctrica subterránea que ha de conectar la Minicentral con la red de Iberdrola.

7.6. Descripción Instalaciones.

7.6.1. Canales de Derivación

La solución proyectada comienza con el azud de derivación, para lo que se aprovecha el azud existente cerca del puente del barrio Eras de Renueva.

MEMORIA

Para conseguir captar el caudal de diseño de 11 m³/seg, se demuele parte del azud y se instala, en su estribo derecho, la obra de toma que, con una anchura de 6,7 m y dotada de una reja de gruesos, introduce el caudal captado a la cota de 829,913m, correspondiente a la altura de lámina, en la cámara de turbinas.

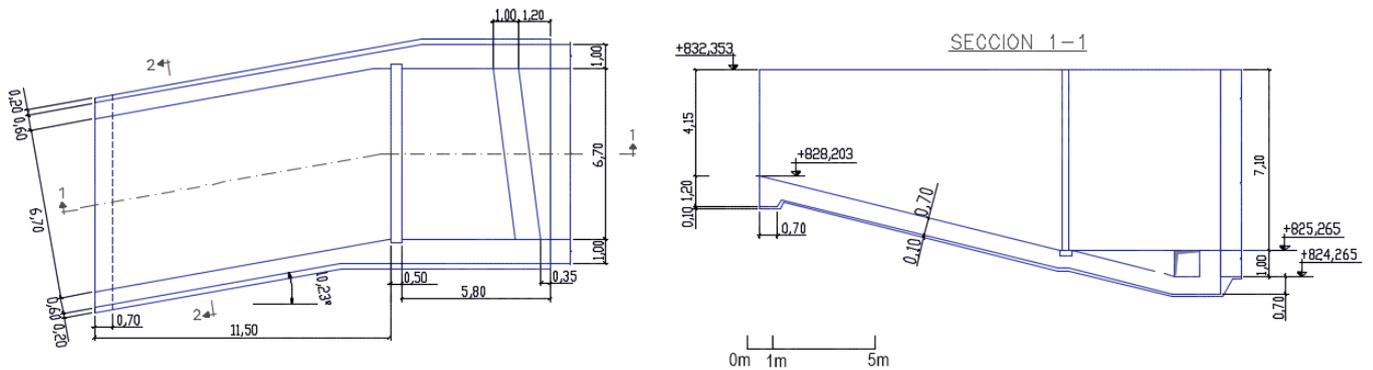


Figura 108: Planta y alzado del canal de entrada

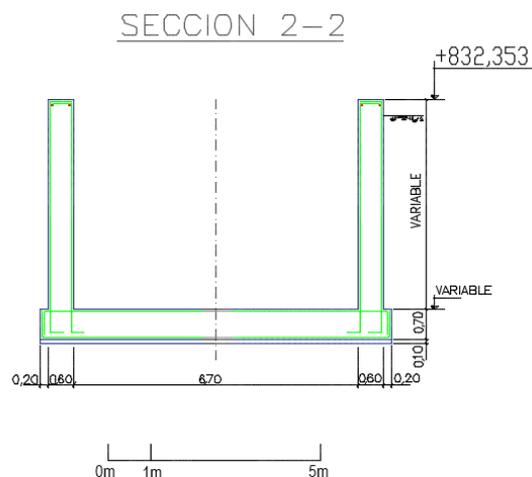


Figura 109: Sección tipo del canal de entrada

La geometría y diseño se realizan según los cálculos hidráulicos expuestos en el capítulo 6.6. y se recoge en los planos de forma detallada, así como las especificaciones de armaduras y del hormigón. Se instala a la entrada del canal una compuerta para ordenar su cierre, en caso de parada de la central, y así impedir la derivación del agua por el canal.

El canal de salida restituye el caudal ya turbinado al río. Se muestra su geometría detallada, así como las especificaciones y detalles de su ubicación y materiales en los planos.

Como se observa (Figura 109) la planta tiene una forma variable, comenzando con la anchura de salida de la cámara de turbina, continúa con una sección más estrecha y vuelve a ensancharse, para reducir la velocidad del agua y que el retorno altere lo menos posible al cauce natural. En dicha zona de restitución, se instala una aleta en su lado izquierdo a modo de refuerzo.

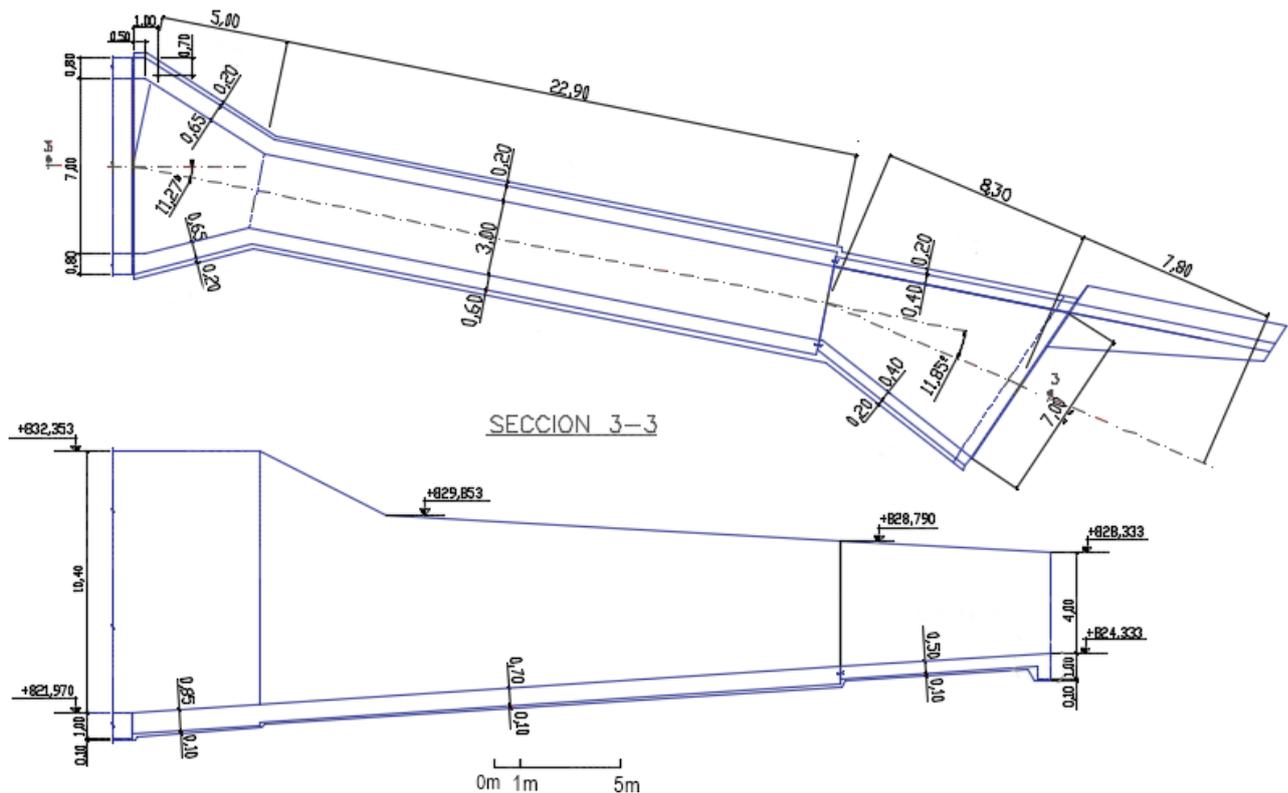


Figura 110: Planta y alzado del canal de salida

7.6.2. Reja de finos y Limpiarejas

Las rejas se construyen en acero calidad A42b galvanizado. El espacio libre entre pletinas de la reja es inferior a la más pequeña dimensión del circuito hidráulico.

Para la limpieza de las rejas se dispone de un limpiarejas mecánico automático, con sistema de eliminación de broza por agua a presión. El limpiarejas deberá ser de ejecución intemperie, resistente a las bajas temperaturas y heladas.

Las partes que constituyen el limpiarejas son:

- Peine o rastrillo construido de acero A42b.
- Cremallera de arrastre del peine construida de acero F-114.
- Motorreductor de doble movimiento ascendente – descendente.
- Sistemas de detección de obstrucción de la reja por medio de nivel diferencial.
- Canaleta para la recogida de broza, de acero A42b galvanizado.
- Bomba sumergible para limpieza de la broza acumulada en la canaleta.

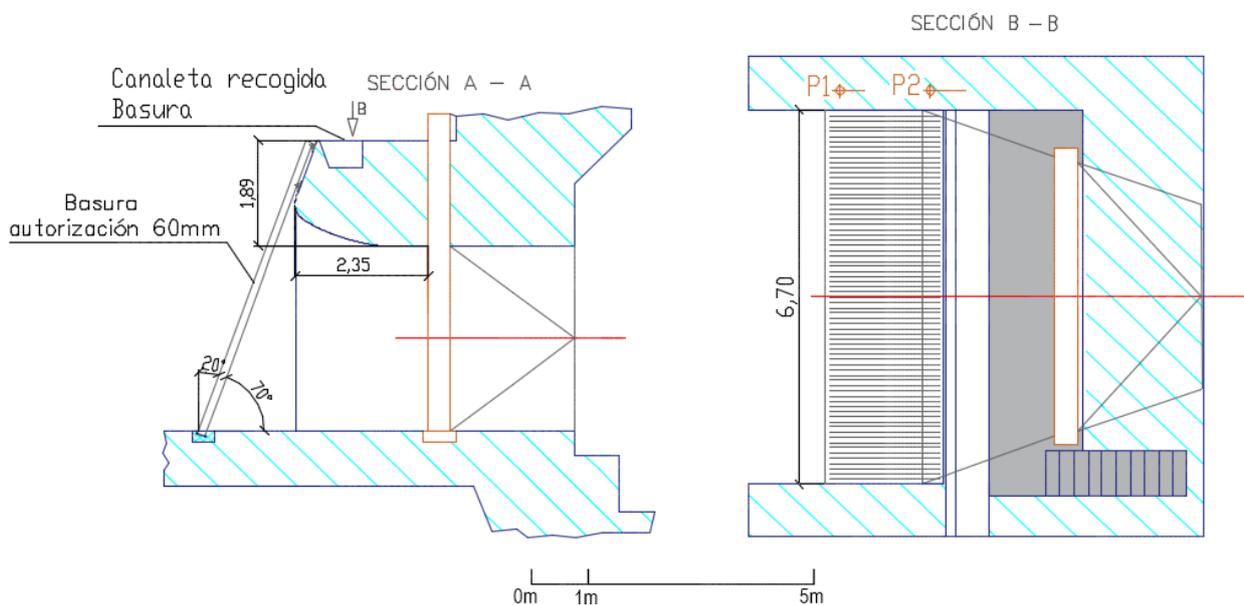


Figura 111: Alzado y planta de la rejilla

Principio de Funcionamiento:

El rastrillo se encuentra en su posición inferior. Cuando se produce una diferencia de nivel, la boya conecta un microrruptor que pone en marcha la máquina iniciando su recorrido ascendente. Pasado un tiempo regulable de iniciado dicho ascenso, se conecta la bomba de limpieza que seguirá en marcha un tiempo, así mismo regulable.

Cuando el rastrillo llega a su posición superior, la leva del posicionado acciona un final de carrera que, para el motor, y pasado un tiempo regulable, el rastrillo inicia su recorrido descendente hasta que la leva del posicionador acciona el final de carrera correspondiente, parando. Si persiste la diferencia de nivel referida, se repetirá el ciclo, hasta que dicha diferencia desaparezca.

MEMORIA

Se instala también un pulsador para realizar el ciclo descrito, aunque los niveles sean correctos, y de igual manera, existe un temporizador programable de 1 a 999 minutos, para realizar un ciclo completo cada “x” tiempo.

Si tanto en su recorrido ascendente como descendente, el rastrillo encuentra algún obstáculo que produzca un aumento en el consumo del motor, el mismo invertirá su sentido de marcha.

Existen una serie de contactos que se cierran en caso de alguna anomalía. Dichos contactos son libres de tensión, para accionar el dispositivo de alarma o paro que se desee. Los referidos contactos indican:

- Apertura del disyuntor de protección del motorreductor.
- Apertura del disyuntor de protección de la bomba de limpieza.
- Apertura del disyuntor de mando.
- Pasa un tiempo (regulable) sin que se ponga el rastrillo en marcha, existiendo una diferencia de nivel.
- Falla alguna de las fases de entrada, baja la tensión de las mismas por debajo del 15% o la secuencia no es correcta.

7.6.3. Edificio

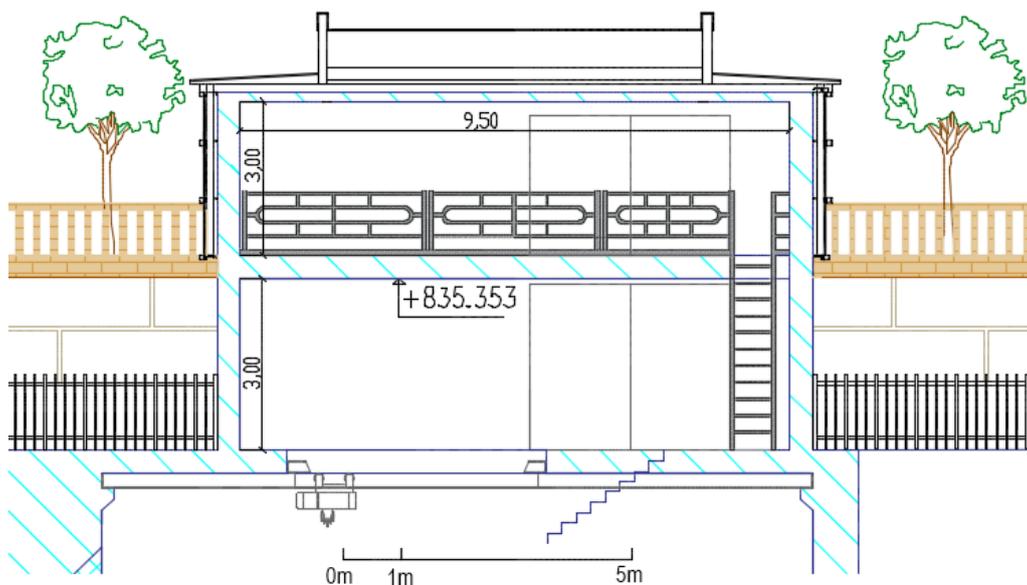


Figura 112: Alzado del edificio

MEMORIA

La central consta de un edificio exterior, situado sobre la rasante del paseo a una cota de 832,353m, de planta rectangular de unos 9,5m por 7,8 m y unos 6,5 m de altura total vista, que incluye las plantas superior e intermedia, a las que es posible acceder desde la calle.

Bajo ellas, presenta una gran profundidad debido a que el eje del rodete ha de estar situado a la misma cota que el nivel mínimo del agua en el punto de entrada a la cámara de turbinas.

El grupo turbo generador es de tipo horizontal y su eje se encuentra a la cota de 826,915m, que unido a la gran profundidad del edificio (más de 8 metros) propicia la existencia de varias plantas (Figura 113 sección C-C):

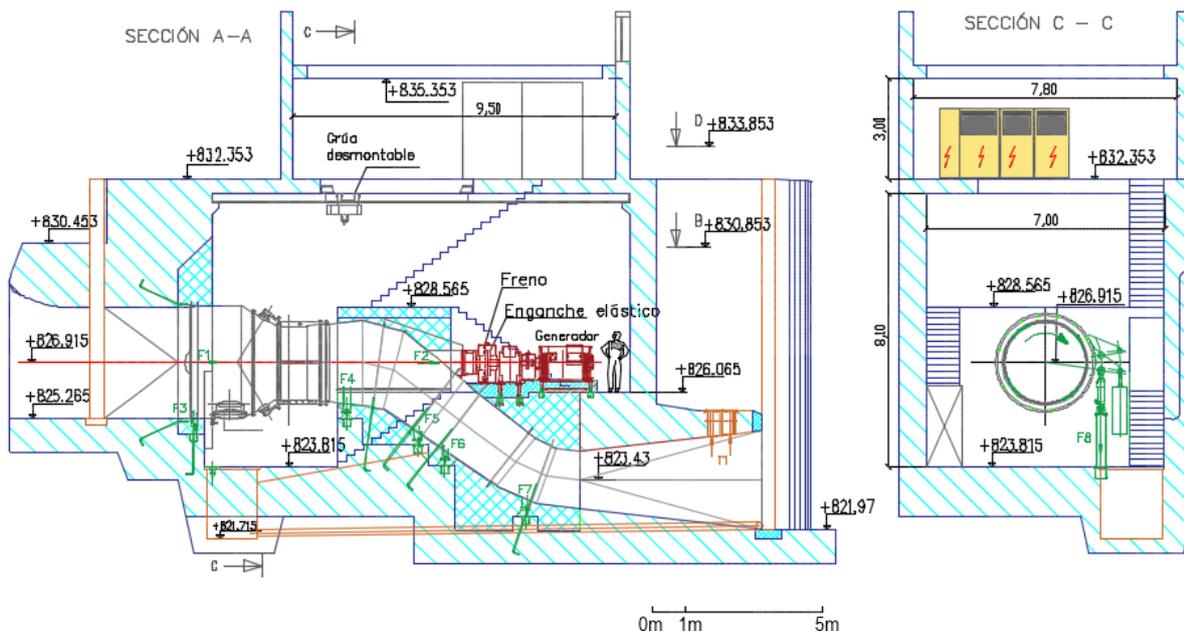


Figura 113: Cámara de turbinas

PLANTA DE TURBINA Y GENERADOR:

La planta de turbinas es el nivel inferior, situándose entre las cotas de 821,715m, de su punto más bajo, y 832,353m del nivel de acceso. En ella se alojan la turbina, la válvula de mariposa, el grupo de achique y los equipos oleohidráulicos de regulación.

En esta planta se instala también el generador y sus elementos auxiliares de regulación y control.

MEMORIA

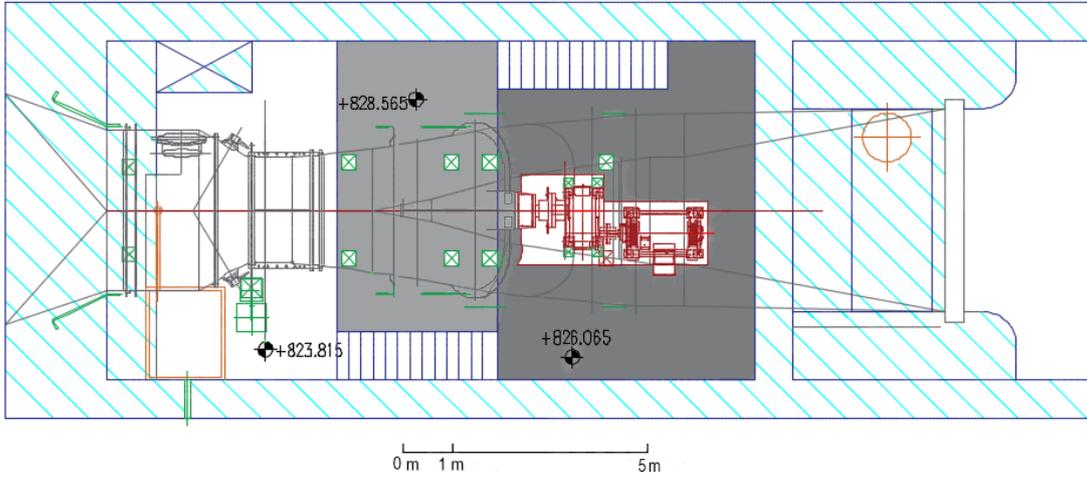
SECCIÓN B – B
(elev. +830,853)

Figura 114: Planta de turbina y generador

Como se puede observar (Figura 114), tiene varias alturas, comunicadas por escaleras y protegidas por barandillas, para alojar los equipos y permitir el correcto y fácil mantenimiento y control de todos ellos.

PLANTA DE EQUIPOS ELÉCTRICOS.

Esta planta es la exterior y se encuentra a nivel de calle a la altura de 831,353m. Permite la entrada y salida de materiales y personas a la central y en ella se alojan los materiales y equipos eléctricos, así como los mecanismos de control, el transformador y las celdas eléctricas.

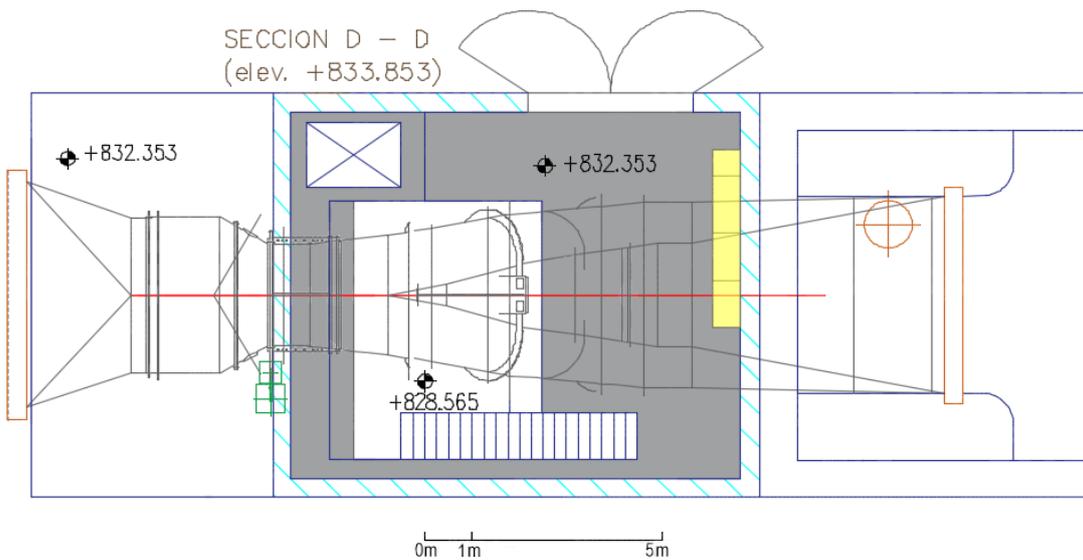


Figura 115: Planta de equipos eléctricos



Presenta un hueco central protegido por barandillas, por el que se puede acceder mediante el puente grúa a los equipos del piso inferior. Es posible acceder incluso a la válvula de guarda mediante hueco practicado en el piso de alternadores.

Dentro del edificio se alojan los equipos electromecánicos, incluso el transformador, que se dispone en el rincón más próximo al lado de la torre de salida de línea. Para evitar problemas de calentamientos, dispondrá de rejillas de ventilación en la periferia de la celda del transformador. Anejo a esta celda se situará otra de menores dimensiones en la que se aloja el transformador de servicios auxiliares. Ambas celdas, sus ventilaciones etc., se describen con detalle en el correspondiente proyecto electromecánico.

7.7. Descripción Equipos Electromecánicos

7.7.1. Turbina

Características nominales

- Salto neto 4,30 – 4,60 m
- Caudal máximo 20 m/s³
- Caudal mínimo 4 m/s³
- Velocidad 190 r.p.m.
- Potencia máxima 760 KW
- Diámetro del rodete 1900 mm
- Altura de aspiración 1 m
- Velocidad de embalamiento 395/1559 r.p.m.
- Carga axial r.p.m. nominales 100 kN
- Carga axial r.p.m. embalamiento 130 kN

Descripción:

RODETE:

Construido en fundición de hierro nodular GGG50 incorporando el mecanismo de movimiento de los álabes (cilindro y pistón) con camisas de bronce para soportar los álabes. Todo ello lubricado con aceite.



MEMORIA

ÁLABES:

Número: 3 Material: NI-AL-BR fundición

DISTRIBUIDOR RADIAL:

Con anillo en fundición de hierro nodular GGG50.

16 álabes en NI-AL-BR con accesorios tales como camisas, palancas y casquillos de fricción (fusibles).

Aro de accionamiento en acero soldado St52.

Servocilindro con potenciómetro 4 – 20 mA para indicar la posición de apertura.

ANILLO DE REFUERZO:

Situado entre el distribuidor y el bulbo en acero soldado St52, partido y con álabes fijos para conducción del agua.

ANILLO DE DESCARGA:

Fundido en hierro nodular GGG40 y empernado al distribuidor y cono de aspiración.

CONO DE ASPIRACIÓN:

En acero soldado St52 a continuación del anillo de descarga. A continuación del cono la sección cambiará a rectangular y será de hormigón.

TAPA DEL EJE:

En acero soldado St52 cubrirá el eje de la turbina por el interior del distribuidor.

ALOJAMIENTO:

Construido en acero soldado St52 con formas hidrodinámicas para el correcto funcionamiento de la turbina. En su interior irá montado el multiplicador cuyo eje de salida será el eje de la turbina y el generador asíncrono.

TRANSMISOR DEL ACEITE:

Montado en el interior del alojamiento en el multiplicador para inyectar aceite al servomecanismo del rodete por medio de tubos interiores en el eje de la turbina, con potenciómetro 4 – 20 mA de posición de los álabes.



GRUPO HIDRÁULICO:

Grupo completo con dos electrobombas, una de stand-by para mover los álabes de rodete y distribuidor mediante electroválvulas ON – OFF con acumulador para tres maniobras y accesorios (filtros, presostatos, etc.).

PINTURA:

Todos los elementos de la turbina irán pintados según especificaciones de zonas secas y húmedas.

7.7.2. Multiplicador.

Características del multiplicador

- Potencia nominal multiplicador 900 KW
- Velocidad del eje lento 190 r.p.m.
- Velocidad del eje rápido 750 r.p.m.
- Relajación de multiplicación 3,94
- Peso 9.500 kg

Materiales

- Carcasa, en chapa soldada, destensionada.
- Engranés, en acero de cementación, cementado, templado y revenido. Flancos de los dientes rectificadas. Dureza de flancos: HRC. 58 ± 2 .
- Eje lento, en acero al carbono normalizado.

Engrase

El sistema de recirculación y engrase está compuesto por los siguientes elementos:

- 1 bomba de engranes, montada en la parte inferior del multiplicador, conectada al eje rápido por medio de un acoplamiento elástico.
- 1 serpentín, con bastidor soporte del mismo, con anclajes para amarre a la pared de la cámara.
- 1 válvula limitadora de presión en la línea de impulsión.



MEMORIA

- 1 filtro simple montado en la línea de impulsión, con indicador óptico de colmataje.
- 2 manómetros, escala 0 – 6 kg/cm²
- 2 termómetros, escala 0 – 100 °C.
- 1 presostato de control de presión de la línea de impulsión.
- 3 llaves de compuerta para regulación del paso del aceite a rodamientos superiores.
- 8 sondas PT-100 (una para cada rodamiento, más una para el aceite de la carcasa).
- Tuberías, racores, abrazaderas, para la unión de todos los elementos citados.

7.7.3. Generador

Características del generador

- Tipo NA-500-S/8 Asíncrono.
- Protección IP23.
- Plano de disposición general.
- Eje inclinado.

Características nominales

- Normas CEI
- Forma constructiva V10
- Número de fases 3
- Potencia nominal activa 850 KVA
- Factor de servicio S1
- Factor de potencia nominal 0,9
- Tensión nominal 380 V
- Variación de la tensión nominal conservando la potencia y con φ nominales $\pm 10 \%$
- Frecuencia nominal 50 Hz
- Número de polos 6
- Velocidad nominal 750 r.p.m.
- Duración de embalamiento 10 s



7.7.3.1. Generalidades

El generador es de tipo asíncrono trifásico de eje inclinado para su acoplamiento a la turbina. Se fija a la bancada del multiplicador mediante escudo bridado.

Los cojinetes son del tipo de deslizamiento, con casquillos de metal antifricción y lubricados a base de aceite a no ser que no soporten los esfuerzos axiales, pudiendo entonces ser de rodillos a bolas en cámara de grasa.

La refrigeración se realiza por circulación del aire ambiente por medio del propio ventilador a través de la máquina y posterior expulsión al exterior por medio de un canal.

Construido según los procedimientos, las técnicas y garantía de calidad de acuerdo con las normas CEI y con las características constructivas que se detallan a continuación.

7.7.3.2. Estator

Carcasa y circuito magnético

La carcasa está constituida en una sola pieza, sus dimensiones quedan dentro de los gálibos de transporte facilitándose el montaje. Soporta la parte activa, formada por coronas de planchas de acero, calzadas y soldadas a la envolvente exterior también de plancha de acero.

La parte interna forma una estructura de gran rigidez para el alojamiento del empilado de chapa magnética, que queda prensada entre dos anillos de apriete, por medio de tirantes que sirven así mismo de guía de los sectores de las chapas.

El circuito consiste, por tanto, en capas de sectores de chapa de acero de silicio de bajas pérdidas por histéresis, montadas solapando las juntas de dos capas contiguas.

Arrollamiento y aislamiento

El arrollamiento está constituido por bobinas formadas por pletinas de cobre aislado.

El aislamiento de las bobinas es tipo MICADUR – COMPACT, y consiste en un recubrimiento de cinta aislante, que se impregna al vacío con resina epoxi, efectuándose luego la polimerización de la resina. Se dispone de bornes de salida del bobinado, en caja de bornes, situada en el lado izquierdo de la carcasa, visto el generador desde el lado de acople.



7.7.3.3. Rotor

Núcleo y eje

El núcleo lo constituye el cuerpo central empilado de chapa gruesa de acero y calada sobre el eje, en el que están solidarios los polos.

El eje, de acero forjado, es sometido a los ensayos precisos para verificar la homogeneidad del material. Está mecanizado en toda su longitud y pulido en las superficies de deslizamiento de los cojinetes. El extremo del lado de acople es acabado en brida.

Polos y bobinas polares

Los polos son macizos de acero y las expansiones polares van fijadas al cuerpo del polo mediante bulones.

Las bobinas polares están formadas por pletina de cobre, soldadas con aleación de plata de alta conductividad; las espiras están aisladas con separadores de tejido de vidrio impregnado en resina epoxi, constituyendo un conjunto compacto adecuado, para resistir sin deformarse los esfuerzos centrífugos.

Las conexiones entre las bobinas polares y el puente de diodos están debidamente aisladas y fijadas al eje.

Ventilación

En el extremo del lado de acople, dentro de la carcasa, calado en el eje, está el ventilador. El aire es forzado a circular axialmente por el interior de la máquina.

7.7.3.4. Equipo de vigilancia, alarmas y protecciones del generador

Elementos de resistencia en arrollamientos, cojinetes y aire. Resistencias de caldeo para evitar condensaciones en periodo de paradas. Termómetros con contactos en los cojinetes (metal y aceite). Niveles indicadores de aceite en su caso.

Las protecciones del generador se instalarán para controlar sobretensiones, retorno de energía, sobreintensidad y cortocircuitos (primer nivel), frecuencias 49/51 Hz, subtensiones y desequilibrios.

7.7.4. Transformador principal

Transformador trifásico, tipo interior, construido en baño de aceite, con refrigeración natural (ONAN) mediante radiadores adosados a la cuba, de servicio interior y con las siguientes características técnicas.

Sigue las Normas de construcción y ensayo UNE 21428 y recomendaciones UNESA 5201D.

- Potencia 1.000 KVA
- Tipo A
- Relación de transformación 380 V/13,2 – 20 ± 2,5 – 5 %
- Frecuencia 50 Hz
- Grupo de conexión Dyn II
- Temperatura ambiente máxima 40 °C
- Calentamiento medio bobinados 65 °C
- Calentamiento medio aceite capa súper 60 °C
- Tensión de ensayo AT/impulso 50/125 KV
- Tensión de ensayo BT/impulso 4/10 KV
- Pérdidas en vacío 1.700 W
- Pérdidas en carga 10.500 W
- Rendimientos a P.C. $\cos\varphi = 1$ 98,79 %
- Impedancia (aprox.) 6,2 %

7.7.5. Cuadro de control y protecciones

El conjunto estará formado por armarios normalizados, que contendrán los elementos de protección, automatismo y control, medida y sincronización y su ejecución cumplirá con las prescripciones de las normas CEI, así como con la legislación vigente para este tipo de materiales.



Figura 116: Cuadros de control y armarios de protecciones tipo



MEMORIA

Las calidades de algunos materiales serán las siguientes:

- Aparatos de medida SACI / ZURC / GÖSSEN
- Relés auxiliares ARTECHE / RELECO / SIEMENS
- Relés temporizados COMAT / EAO / SIEMENS
- Pilotos de señalización ENTRELEC / EAO / SIEMENS
- Pulsadores ENTRELEC / EAO / SIEMENS
- Bornes ENTRELEC / WEIDMÜLLER / PHÖNIX

La selección definitiva de los materiales se realizará en función de los plazos de entrega.

7.7.6. Excitación y Regulación de tensión

Descripción general

Se trata de un sistema de excitación indirecta a través de una excitatriz acoplada sobre el mismo eje del alternador. La alimentación a la excitación de dicha excitatriz se realizará mediante un puente rectificador de doble onda, alimentado a su vez de bornes de máquina a través del transformador de excitación y totalmente controlado por un regulador electrónico. El equipo de excitación dispone de aparatos para medir la intensidad de excitación y tensión de la excitatriz. Por lo que, si se controla esta corriente, también se controlará la del alternador.

Funcionamiento

En condiciones normales de funcionamiento, la etapa de regulación compara la tensión de referencia con la de bornes de máquina (valor instantáneo), elaborando una tensión de salida que se transforma en un ángulo de encendido para la etapa de potencia.

Dado que los circuitos electrónicos del regulador empiezan a funcionar correctamente a partir del 60 % de la tensión nominal y que la tensión de remanencia es normalmente insuficiente, resulta necesario prever un circuito de excitación independiente para el proceso de arranque (cebado). Este circuito se realiza mediante una resistencia y diodos de bloqueo que se alimenta desde la distribución de c.c. de la minicentral, estando previstos los elementos necesarios para transferir la corriente de excitación al circuito principal.



MEMORIA

Al abrirse el interruptor de campo y antes de que lleguen a hacerlo los contactos del campo de la excitatriz, se conectará mediante el contacto de descarga una resistencia lineal no inductiva de valor adecuado. Las órdenes de mando y control previstas son las siguientes:

	Local	Relé Protección	Sincronización
Conexión interruptor campo	X		
Apertura interruptor campo	X	X	
Subir / Bajar tensión	X		X
Prueba de lámparas		X	
Reposición relé de disparo		X	

El equipo incluye un canal manual que permite la excitación de la máquina, tanto en pruebas como en caso de avería del canal automático, por medio de un interruptor. El ajuste de tensión para sincronización será realizado por órdenes sobre el autotransformador.

El equipo de regulación controla el factor de potencia de la máquina, de forma que puedan ser modificadas las condiciones nominales de funcionamiento (potencia activa y reactiva) según las necesidades de la red.

7.7.7. Mando, Medida y Señalización

Se instalarán todos los elementos necesarios para el mando y control del grupo, como son el mando y señalización del interruptor de generación y del interruptor de campo, así como los pulsadores necesarios para el mando del regulador de velocidad de la turbina y del regulador de tensión, de manera que sea posible realizar el acoplamiento del grupo a la red mediante sincronización manual o automática.

El cuadro dispondrá de los selectores de funcionamiento necesarios de acuerdo con los siguientes modos:

- Modo mando local o por telemando.
- Modo arranque manual o arranque automático.
- Modo regulación de carga manual o mediante consigna programable en un regulador PID instalado en el propio panel.



El equipo de medidas permite el control de la tensión de generación y de la intensidad de generación, entre las tres fases, de la frecuencia, de la potencia activa y reactiva, de la velocidad del grupo, de la posición de los órganos de regulación de la turbina y del nivel de regulación del caudal.

7.7.8. Mando Automático

El mando automático del grupo es realizado por un autómata programable cíclico al cual se accede mediante el módulo de “mando automático” situado en el frontal del armario.

Este autómata está diseñado para controlar detalladamente las transiciones entre dos estados finales del grupo, pasando por toda una serie de estados transitorios intermedios, quedando vigilante al alcanzar el estado final. Durante dicha transición, no solamente será activo para ejecutar las órdenes necesarias, como el arranque y/o la parada de los equipos, sino que también actuará como elemento de vigilancia y supervisión, de forma que, si llega a detectar una situación peligrosa en el grupo, tomará las decisiones pertinentes para llevarlo a una situación segura.

7.7.9. Diseño y Construcción de las celdas

Las celdas serán metálicas, autoestables, protección IP-41, construidas en chapa blanca, de espesor no inferior a 2,5 mm y armario de refuerzo interior, en ejecución de acuerdo con las normas CEI 289/ UNE 20099. Estarán construidas en compartimentos independientes completamente cerrados, separados por tabiques sólidos de chapa de acero. Todas las partes metálicas de las celdas estarán puestas a tierra.

La parte de control de las celdas, será totalmente accesible desde la parte frontal mediante puertas. A la parte de potencia de las mismas, se podrá acceder mediante una puerta en la parte frontal. En presencia de tensión en el interior de la celda, se bloqueará la cerradura no permitiendo su accesibilidad. La parte posterior de la celda estará cerrada y constituida por paneles desmontables de chapa, fijados por tornillos.



7.7.10. Cargador de Batería

La función de este módulo consiste en:

- Proporcionar la tensión de maniobra auxiliar a 24 V.c.c. para control y maniobra de equipos.
- Carga de acumuladores para tensión auxiliar de 24 V.c.c.

7.8. Características generales del aprovechamiento

- Término municipal: León
- Provincia: León
- Corriente fluvial: Río Bernesga.
- Superficie de la cuenca: 632 Km²
- Destino del aprovechamiento. Producción de energía hidroeléctrica utilizando el azud existente.
- Caudal de concesión: 11 m³/s
- Caudal ecológico fijado en concesión: 2 m³/s
- Cota de captación: 829.91 m
- Cota de restitución: 824.9m
- Salto neto: 4,6 m
- Potencia de generación: 421,928 KW / 767,142 KW (max.)
- Energía producida en año medio: 1.265.784 kWh / 2.301.426 kWh (max.)
- Utilización: 3.000 horas.
- Nº de turbinas: Una.
- Tipo de turbina: Kaplan doble regulación.
- Nº de generadores: Uno.
- Tipo de generador: Asíncrono.
- Multiplicador: Si



MEMORIA

La restitución se realiza al río Bernesga por encima de la estación de aforos existente, dado que el aprovechamiento es exclusivamente energético, no se introduce carga contaminante alguna siendo devuelta el agua, en todos los casos, en idénticas condiciones físicas, químicas y biológicas en que se capta y por ello se solicita la oportuna autorización de vertido sin proyecto de depuración, no procedente en este caso. El aprovechamiento proyectado no cuenta con más regulación que la necesaria para el arranque de la turbina, unos 5 minutos, por lo que su funcionamiento será fluyente puro sin producir alteración alguna del régimen natural del río.

7.9. Resumen del Presupuesto

El Presupuesto de las obras a realizar en terrenos de Dominio Público en el total del aprovechamiento asciende a 830.404,10 euros.

Tabla 23: Cuadro Presupuesto General

<i>Código</i>	<i>Nat</i>	<i>Resumen</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Importe</i>
C00	Capítulo	APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL RÍO BERNESGA (LEÓN)	1	830.404,10	830.404,10
C01	Capítulo	OBRA CIVIL DE LA MINICENTRAL	1,00	332.351,13	332.351,13
C02	Capítulo	EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS	1,00	487.996,06	487.996,06
C03	Capítulo	SEGURIDAD Y SALUD	1,00	10.056,91	10.056,91
		C00	1	830.404,10	830.404,10
		RESUMEN	1	830.404,10	830.404,10

Para la ejecución de la totalidad de las obras, fabricación e instalación de los equipos electromecánicos, se considera necesario UN PLAZO DE DIECIOCHO MESES.



8. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Mediante este proyecto se recogen los pasos, estudios y cálculos que se deben seguir al realizar proyectos de pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, consiguiendo así incentivar el desarrollo y gestión eficiente del recurso hídrico desde un punto de vista económico y tecnológico, de forma que permita aumentar la producción de energía eléctrica de una manera limpia y sostenible.

Como se ha visto, las minicentrales hidroeléctricas son una alternativa muy interesante en el desarrollo de aprovechamientos hidroeléctricos, ya que tienen una inversión inicial muy pequeña y menores tiempos de construcción, en comparación con las grandes centrales. Esto se debe a que la obra civil que necesitan es sencilla y que pueden instalarse directamente en diferentes tipos de infraestructuras ya realizadas, reduciendo así costes y ampliando la viabilidad de los proyectos. Con esto permiten la participación de entidades públicas locales o de inversionistas privados en la expansión del sector.

De igual manera y por las mismas razones, el impacto ambiental producido por estas instalaciones es mínimo, ya que permiten prescindir de la mayor parte de obras, en las que mayores impactos se producen, y se instalan en zonas cuyo ecosistema ya está modificado, como en embalses o presas ya construidas.

Con el modelo de minicentral proyectado para la elaboración del estudio económico se demuestra la viabilidad de este tipo de aprovechamientos, a través de los diferentes marcadores analizados, y se calcula la producción de energía que abastecería, en este caso, a todo el barrio de “Eras de Renueva” y al centro comercial “Espacio León”. Esto es justificado por la pequeña inversión inicial necesaria y los ingresos de venta de electricidad. Pese a esto, y aun siendo una rentabilidad competente, nos da valores de viabilidad a largo plazo, algo que era esperado ya que se ha elegido para el ejemplo un río con baja pendiente y un pequeño salto disponible, buscando con ello analizar la rentabilidad incluso con características desfavorables a primera vista.

Dicha rentabilidad se podría mejorar con una elevación de la altura del azud, aumentando así el salto disponible, o analizando otras fuentes de energía renovables alternativas. Podría plantearse un sistema híbrido que pueda suplir la demanda de energía eléctrica de la planta, como con la instalación de placas solares. De esta forma se obtendría una mayor tranquilidad, en el caso de imprevistos que disminuyan la producción hidroeléctrica, y aumentaría la viabilidad económica a corto plazo.



8.1. Conclusiones

- Con la instalación de pequeñas centrales hidroeléctricas se impulsa el desarrollo y gestión eficiente del recurso hídrico, potenciando así las fuentes de energía renovable utilizando la energía mini-hidráulica.
- Expansión creciente del sector debido a la alta posibilidad de atraer inversores por su producción futura frente a la pequeña inversión inicial requerida.
- Permiten aprovechar infraestructuras existentes, lo que ahorra en costes y tiempo de instalación.
- Mínimo impacto ambiental mitigable fácilmente con medidas correctoras recogidas en el estudio de impacto ambiental del presente documento.
- Viabilidad económica incluso con características desfavorables a primera vista. Mediante el estudio económico se establece que la central modelo propuesta, con una inversión inicial de 830.404€ y aprovechando un pequeño saldo de 4,6m, es rentable económicamente, obteniendo un VAN positivo con unos beneficios de 33.224,5€ en el año 9 tras su instalación.
- Facilidad para aumentar la rentabilidad y evitar problemas en la viabilidad, por una disminución en la producción debida a algún imprevisto futuro, planteando un sistema híbrido aprovechando otra fuente de energía renovable.
- Se consigue un suministro notable de energía eléctrica, obteniendo con las características propuestas en el modelo, una producción de hasta 2.301.426 kWh, que supondría abastecer hasta 800 familias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Internacional de Energía. (2016) <http://www.iea.org/>. (Consultada el 22 de enero de 2016).
- Agüera Soriano, J. (1996). Mecánica de fluidos incompresibles y turbomáquinas hidráulicas: Problemas resueltos. Ed. Ciencia. ISBN: 8486204747, 9788486204747. 338pp.
- Allen, S. D. (2008). The influence of debris cages on critical submergence of vertical intakes in reservoirs. Utah State University. ProQuest. ISBN: 0549653384, 9780549653387. 78pp.
- Alsintec (2015). Ingeniería y Construcción. http://www.alsintec.com/infrastructure/alstom_hydrostec.asp (Consultada 20 de Febrero de 2016)
- Álvarez Martínez, A., & Toledo Municipio, M. Á. (2000). Aliviaderos de presas de labio fijo o con compuertas. *Revista de Obras Públicas*, 147 (3.396), 21-30.
- Artinaid (2015). Tecnología a tu servicio. <http://www.artinaid.com/2013/04/que-es-un-generador-electrico/>. (Consultada el 20 de octubre de 2015).
- ASCE. American Society of Civil Engineers. (1995). Guidelines for Design of Intakes for Hydroelectric Plants. Amer Society of Civil Engineers. ISBN: 0784400733, 9780784400739. 469pp.
- Azevedo Netto, J.M (1966). Manual de Hidráulica. Universidad de Texas. Ed. E. Blüncher. 865pp.
- Bioducto (2016). Medio ambiente e Ingeniería civil. <http://bioducto.blogspot.com.es/2011/02/la-central-y-la-presa-de-saucelle.html>. (Consultada el 19 de enero de 2016).
- Bovee, K. D. (1986). *Development and evaluation of habitat suitability criteria for use in the instream flow incremental methodology*. Washington, DC: USDI Fish and Wildlife Service. 235 p.
- Bovee, K. D., & Milhous, R. (1978). *Hydraulic simulation in instream flow studies: theory and techniques*. IFIP No. 5 (No. 78/33). US Fish and Wildlife Service. 131pp
- Bravo, J. D. (2000). *Breve introducción a la cartografía y a los sistemas de información geográfica (SIG)*. Ciemat.
- Briceño, E., Escobar, R., & Ramírez, S. (2008). *Manual de capacitación en operación y mantenimiento de pequeñas centrales hidráulicas*. Soluciones Prácticas. ISBN: 9972471489, 9789972471483. 81pp.
- Castellano, J., & Torrent Burgués, M. (2009). Centrales eléctricas minihidráulicas: aplicación en una zona rural subdesarrollada. *Full informatiu. Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Vilanova i la Geltrú*.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CEDEX (2015) Centro de estudios y experimentación de obras públicas. http://www.cedex.es/CEDEX/lang_castellano/
- Chanson, H. (2002). Hidráulica del flujo en canales abiertos. McGraw Hill. ISBN: 9789584102560. 551pp.
- Chaudhry, H. M. (1979). Applied Hydraulic Transients, Van Nostrand Reinhold Co. ISBN: 0442215177, 9780442215170. 503pp.
- CHD. (2015). Confederación Hidrográfica del Duero. <http://www.chduero.es/> (Consultada 12 de agosto de 2015)
- Chow, V. T., (1982) Hidráulica de los Canales Abiertos. Primera edición, Editorial Diana. México. ISBN: 9681313275, 9789681313272. 633pp.
- Civilgeeks (2015). Ingeniería y construcción. <http://civilgeeks.com/2010/10/08/obras-de-captacion-sistema-de-agua-potable/>. (Consultada el 17 de noviembre de 2015).
- Condascreen (2016). Avanzada Tecnología en la Captación de Agua <http://www.coandascreen.cl/>. (Consultada el 20 de enero de 2016).
- Cotella, N., Varela, P., Antonelli, S., Ramoska, J., & Manelli, A. (2006). DESARROLLO DE PICOTURBINAS HIDRÁULICAS DE REDUCIDO COSTO PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA AISLADA. *Revista "Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 10, 01-45.*
- Coz, F., Sánchez, T., Viani, B., Segura, J., Rodríguez, L., Miranda, H., & Moreno, L. (1995). Manual de mini y microcentrales hidráulicas una guía para el desarrollo de proyectos. *Intermédiaire Technology Development Group, ITDG-PERU.*
- Cuesta, L., & Vallarino, E. (2000). Aprovechamientos hidroeléctricos. *Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. I.S.B.N.: 84-380-0169-6, 9788438001677. 1200pp*
- Dávila, C. Q., & L Villanueva, G. (2010). *Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídricos, diseño e instalación de microcentrales hidroeléctricas.* Soluciones Prácticas. ISBN: 978-9972-47- 210-5.
- De Juana Sardón, J. M. (2003). *Energías renovables para el desarrollo.* Editorial Paraninfo. ISBN: 8428328641, 9788428328647. 311pp.
- De Siervo, F., y De Leva, F. (1976). Modern trends in selecting and Designing Francis Turbines. *Water Power and Dam Construction, Vol. 30, No.8.*
- De Siervo, F., y De Leva, F. (1978). Modern trends in selecting and Designing Kaplan Turbines", *Water Power and Dam Construction, Vol. 30, No.1.*
- De Siervo, F., y Lugaresi, A. (1978). Modern trends in selecting and Designing Pelton Turbines", *Water Power and Dam Construction, Vol. 30, No.12.*
- Delgado Ramos, F. 2005. Problemas de Obras Hidráulicas. Grupo Editorial Universitario Granada. ISBN: 9788484913207. 237pp.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Díez, M. (2015). Experimento de Torricelli.
<http://afyqexperimentotoricelli.blogspot.com.es/>. (Consultada el 29 de octubre de 2015).
- Díez Hernández, J. M. (2011). Bases metodológicas para el establecimiento de caudales ecológicos en el ordenamiento de cuencas hidrográficas.
<http://hdl.handle.net/10893/1590>
- Edminister, J. A., Nahvi, M., Navarro, R. S., Sánchez, E. L., & de Miguel Rodríguez, P. (1997). *Circuitos eléctricos* (Vol. 3, No. 2). McGraw-Hill.
- Energías Renovables. (2015). El periódico de las energías limpias.
<http://www.energias-renovables.com/articulo/abril-registra-la-maxima-produccion-mensual-de>. (Consultada el 22 de septiembre de 2015).
- ESHA. European Small Hydropower Association. (2006). Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica. 320p. Unión Europea.
- ESHA. European Small Hydropower Association. (1998). Manual de pequeña hidráulica: como llevar a buen fin un proyecto de minicentral hidroeléctrica. Comisión Europea.
- EVE (1995): Inventario de Minicentrales Hidroeléctricas de la CAPV. I.S.B.N.: 84-8129-032-7
- Fazalare, R. W. (1986). Trends in selecting and procuring hydro turbines. *Water power and dam construction*, pp 40-46.
- Felicísimo, A. M. (1999). La utilización de los MDT en los estudios del medio físico. 150 aniversario de la creación del Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Fernández Martínez, J. (1997). Manual para laboratorios de hidráulica de Ingeniería Civil. Universidad de Granada. ISBN: 9788433822963. 190pp.
- Fernández, R. B., & Barboza, J. F. (2006). Generadores y sistemas de control en micro y mini centrales hidroeléctricas de 1kW a 1MW. *Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Eléctrica*.
- Fletcher, G. A. (1988). *Biblioteca internacional del ingeniero civil. Tomo 5. Estudios de suelos y cimentaciones en la industria de la construcción*.
- Foster, S., Lawrence, A., y Morris, B. (1998). *Las aguas subterráneas en el desarrollo urbano*. Evaluación de las necesidades de gestión y formulación de estrategias. Banco Mundial nº 390.
- French, R.H. (1988) "Hidráulica de canales abiertos" McGraw-Hill/Interamericana de Mexico. 724pp
- Fritz, J.J. (1984). *Small and Mini Hydropower*. McGraw-Hill. ISBN: 0070224706, 9780070224704. 464pp.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- García De Jalón, D. 1990. Técnicas hidrobiológicas para la fijación de caudales ecológicos mínimos. En: Libro homenaje al Profesor D. M. García de Viedma. 183-196. Fucovasa. UPM. Madrid.
- García de Jalón, D. G., & del Tánago, M. G. (1998). El concepto de caudal ecológico y criterios para su aplicación en los ríos españoles. Departamento de Ingeniería Forestal. Escuela de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.
- García Tapia, N. (1998). Ingeniería Fluidomecánica. Ed. Universidad de Valladolid. ISBN: 8477627916, 9788477627913. 445pp.
- Geymet, A. B. (2015). Wikimedia Commons https://commons.wikimedia.org/wiki/File:11_Compuerta_Basculante.jpg. (Consultada el 10 de noviembre de 2015).
- Global Enviroment Foundation. (2015) <https://www.thegef.org/gef/>. (Consultada el 9 de octubre de 2015).
- Goldsmith, K., (1993). Economic and Financial Analysis of Hydropower Projects, Hydropower Development, Vol. 6, Norway: Norwegian Institute of Technology Division of Hydraulic Engineering. ISBN: 8275980208, 978-8275980203. 195pp.
- Gordon, J.L. (1990). A new approach to turbine speed. Water Power & Dam Construction.
- Granados, A. (1995). Problemas de Obras Hidráulicas. Ed. Col. Ing. C. C. y P. Madrid. ISBN: 9788438000908. 525 págs.
- Green Mechanic (2015). <http://www.green-mechanic.com/2014/03/frances-turbine-vs-kaplan-turbine.html>. (Consultada el 20 de agosto de 2015).
- Heras, R. (1970). *Métodos prácticos para el estudio hidrológico completo de una cuenca: contribución al Decenio Hidrológico Internacional*. Dirección General de Obras Hidráulicas. Centro de Estudios Hidrográficos.
- Hygenet (2016). Life Hygenet. <http://www.lifehygenet.eu/energia-mini-hidraulica/buenas-practicas/>. (Consultada el 7 de febrero de 2016).
- ICAI. Revista de la Asociación de Ingenieros. (2015). Anales de Mecánica y Electricidad. http://www.revista-anales.es/web/n_10/seccion_7.html. (Consultada el 2 de noviembre de 2015).
- IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2011). Plan de energías renovables 2011 – 2020
- IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2011). Plan de energías renovables 2005 - 2010
- IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, (2006). Minicentrales Hidroeléctricas. Manual de Energías Renovables. 180pp.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IEC-60041. Field acceptance tests to determine the hydraulic performance of hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines. 30 de noviembre de 1991.
- IEC-60193. Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines - Model acceptance tests. 6 de febrero de 2003.
- IGME. (2015). Instituto Geológico y Minero de España. <http://www.igme.es/>. (Consultada el 18 de julio de 2015).
- IGN. (2015). Instituto Geográfico Nacional. <http://www.ign.es/ign/main/index.do>. (Consultada el 29 de julio de 2015).
- Inversin. A. R. (1986). Micro Hydropower Sourcebook. A practical guide to design and implementation in Developing Countries. NRCA International Foundation. ISBN: 202-857-9696. 285pp.
- Kurtz, V. H. (2003). Telemando para pequeñas centrales hidroeléctricas. *X Encuentro Latinoamericano Sobre Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos, ELPAH*.
- Kurtz, V. H., Anocibar, H. R., & Oberá, M. A. (2005). Sistema mixto para el control de la generación en microcentrales hidroeléctricas. *XI Encuentro Latinoamericano Sobre Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos, ELPAH*.
- Lane, E. (1968). Aliviaderos y obras de protección de cauce. In *Tratado de hidráulica aplicada* (pp. 260-99). Ed. Revolucionaria, Instituto del Libro.
- Lázaro López, A. (1997). *Manual de Hidráulica*. Universidad de Alicante. ISBN: 8479083204, 9788479083205. 414pp.
- Llamas, J. (1933), "Hidrología General. Principios y Aplicaciones". Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco. ISBN: 84-7585-435-4
- López, C., González, E., & Goyret, J. (1994). Análisis por componentes principales de datos pluviométricos. a) Aplicación a la detección de datos anómalos. *Estadística (Journal of the Inter-American Statistical Institute)*, 46, 25-54. b) Aplicación a la eliminación de ausencias" *Estadística*, 46, 146, 147, pp. 55-83 También Publicación Técnica del Centro de Cálculo PTCECAL2/92, Centro de Cálculo, Facultad de Ingeniería, CC 30, Montevideo, Uruguay.
- Lorenzo, S. (2015). Ourense natural: Broma o realidad. <http://www.galeon.com/sloren/luciapra/ouren93.htm>. (Consultada el 15 de noviembre de 2015).
- Lugaresi, A. y Massa, A. (1987). Designing Francis turbines: trends in the last decade", *Water Power & Dam Construction*. November.
- Lugaresi, A. y Massa, A. (1988). Kaplan turbines: design trends in the last decade", *Water Power & Dam Construction*, May.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Luxán, B. A., & Jiménez, A. M. (1996). La contribución de las energías renovables en la planificación energética española. *Espacio, tiempo y forma. Serie VI, Geografía*, (9), 39-52.
- Marín, C. E., & Marín, R. G. (2010). Agua y energía: producción hidroeléctrica en España. *Investigaciones geográficas*, (51), 107-129.
- Marín Urueña, J. M. (2007). Estudio de costos de instalación de sistemas pico y micro hidroeléctrico (100 W a 100 kW). Universidad de Costa Rica. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica.
- Martin Vide, J.P. (2007) Ingeniería de ríos. ED. UPC. ISBN 9788483019009. 404PP.
- Martin Vide, J. P. (2006). Ingeniería fluvial. Ed. UPC. ISBN 9788483017227. 210pp.
- Mas, F. M. (2005). Caudales ecológicos: conceptos, métodos e interpretaciones. Editores: Madrid: CEDEX. ISBN: 84-7790-410-3
- Mataix, C. (1993). Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Ed. Marcombo, 2004. ISBN: 9701510577, 9789701510575. 660pp.
- Mataix, C. (1975). Turbomáquinas hidráulicas: turbinas hidráulicas, bombas, ventiladores. ICAI. ISBN: 8460066622, 9788460066620. 1371pp.
- Mateos de Vicente, M. (1997). Conducciones. Bellisco. ISBN: 8485198743, 9788485198740. 150pp
- Mayol Mallorquí, J. M. (1981). Tuberías. Materiales, cálculos hidráulicos, cálculos mecánicos Ed. Técnicos asociados. ISBN: 8471462249, 9788471462244. 393pp.
- Monsalve Sáenz, G. (1999). *Hidrología en la Ingeniería*. ALFAOMEGA GRUPO EDITOR. ISBN 9789701504048. 360pp.
- Montané, P. (1999). Protecciones en las instalaciones eléctricas: evolución y perspectivas. Marcombo. ISBN: 9788426706881. 620pp
- Mora, D., & Hurtado, J. (2004). Guía para estudios de prefactibilidad de pequeñas centrales hidroeléctricas como parte de sistemas híbridos. *Pontificia Universidad Javeriana*.
- Mosonyi, E., (1987) Water-Power Developments, Vol. 1. Akademiai Kiado; Enlarged 3rd edition ISBN: 9630542706, 978-9630542708
- Mott R.L. (2006). Mecánica de Fluidos. Sexta edición. Ed. Pearsons Educación. México. ISBN:970-26-0805-8. 644pp.
- Muñoz, H. E., Reversat, J. H., & Caballero, A. L. (1996). Regulador de frecuencia asincrónico resonante y su aplicación a las microcentrales hidroeléctricas. *Revista Imagen (ISSN 0328-9729)*, (1), 14-15.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Navarro, O. (2015). Capacitación en ingeniería de presas. <http://www.ingenieriadepresas.com.ar/www/28/31/inicio-el-primer-modulo-con-la-exposicion-de-ing-oscar-navarro>. (Consultada el 16 de noviembre de 2015).
- Ortiz Flores R. (2001). Pequeñas centrales hidroeléctricas. Bogotá. McGraw Hill, 2001. ISBN: 958410165X, 9789584101655. 357 p.
- Osorio, J. F. S. (2008). *Energía hidroeléctrica*. Universidad de Zaragoza. ISBN: 9788492521203. 404pp.
- Ossberger (2015). Turbinas Ossberger <http://www.ossberger.de/cms/>. (Consultada el 25 de octubre de 2015).
- Pacheco, J. F., & Roura, H. (2005). *Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública* (Vol. 39). United Nations Publications. ISBN: 9213227108, 9789213227107. 246pp.
- Palacios, M. (2009). *Estudio de Prefactibilidad para la Construcción y Operación de la Pequeña Central Hidroeléctrica Río La Virgen en el Municipio de Masagua, Escuintla, Guatemala*. Universidad de San Carlos.
- Potter, M. C., Wiggert, D. C., Hondzo, M., & Shih, T. I. (2002). *Mecánica de fluidos*. Thomson. ISBN 9706862056, 9789706862051. 816pp.
- Pulido Carrillo J.L. (1999). Problemas de Hidráulica Básica. Rugarte S.L. ISBN:84-930437-0-2. 294pp.
- Red eléctrica de España. (2016) www.ree.es. (Consultada el 5 de febrero de 2016).
- RENEDO C. J. (2011). Master Sistemas Energéticos. Universidad de Cantabria.
- Rodríguez, J. R., & Rodríguez, C. (2003). Presas y minicentrales. Ríos con vida AEMS. ISSN 1889-531X, Nº. 73, págs. 36-38.
- Sarasúa Moreno, J. I. (2009). Control de minicentrales hidroeléctricas fluyentes: modelado y estabilidad. (Doctoral dissertation). E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM).
- Schweiger, F. y Gregory, J. (1989). Developments in the design of water turbines. Water Power & Dam Construction. May.
- Sinniger, R., & Hager, W. H. (1989). *Constructions hydrauliques. (Hydraulic structures)*. Presses Polytechniques Romandes. Lausanne.
- Sotelo Ávila, G. (1974). Hidráulica general; fundamentos. Limusa. 561pp. ISBN: 9681805038
- Stalnaker, C.B. (1979). The use of habitat structure preferenda for establishing flow regimens necessary for maintenance of fish habitat. En: The Ecology of Regulated Rivers. Springer US. ISBN: 978-1-4684-8615-5. pp326-337.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Suárez Villar, L. (1989). Ingeniería de Presas, Obras de Toma, Descarga y Desviación. *Ediciones Vega. Caracas.*
- Steven, C.C. y Raymond, P. C. (2007). Métodos Numéricos para Ingenieros. Mc. Graw-Hill Interamericana. ISBN: 9701061144, 9789701061145. 977pp
- Streeter V.L. y Wylie, E.B. (1967) Hydraulic Transients, McGraw-Hill Book Co., New York. 329 páginas
- Temez Peláez, J. R., (1977). Hidráulica básica. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela UIT de Obras Públicas. ISBN: 9788460063452. 241pp.
- Tennant, D. L. (1976). Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. Procs. on Instream flow needs Symp. Fisheries, 1(4), 6-10.
- Textos científicos (2015).
<http://www.textoscientificos.com/energia/mareomotriz/generacion-electricidad-mareas>. (Consultada el 15 de septiembre de 2015).
- Tomás, G. (2015). Física y Química.
<http://www.iesdmjac.educa.aragon.es/departamentos/fq/departamentofq.htm>. (Consultada el 4 de noviembre de 2015).
- Twentenergy (2015). Energía del milenio XX.
<https://twentenergy.wordpress.com/2012/07/16/turbina-pelton-vs-turbina-francis/>. (Consultada el 20 de diciembre de 2015).
- Valcarce, J. (2015). Cartografía Digital. <http://www.digimapas.blogspot.com.es/>. (Consultada el 9 de agosto de 2015).
- Vallarino, E. 1997. Obras hidraulicas. Cuestiones generales y funcionales. ISBN: 8474932629, 9788474932621. 297pp. ETS de Ingenieros de Caminos. Madrid. ISBN: 978-84-7493-262-1. 372pp
- Vide, J. M. (1996). Decálogo de la pluviometría española. In *Clima y Agua. La gestión de un recurso climático* (pp. 15-24).
- Voestalpine. (2015). Voestalpine group. <http://www.voestalpine.com/group/es/>. (Consultada el 28 de octubre de 2015).
- WEC, World Energy Council. (2015) <http://www.worldenergy.org/>. (Consultada el 20 de septiembre de 2015).
- White, R.G. (1976). A methodology for recommending stream resource maintenance flows for large rivers. Procs. on Instream flow needs Symp. 376-386.
- White, F.M. (2008) "Fluid Mechanics", McGraw-Hill Interamericana de España S.L. ISBN: 9788448166038. 866pp.

ANEXOS A LA MEMORIA



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	215
ANEXO 2: ELECCIÓN DE TURBINA, POTENCIA Y PRODUCCIÓN.....	232
ANEXO 3: VIABILIDAD ECONÓMICA.....	241
ANEXO 4: MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN FUNCIONAMIENTO.....	253

ANEXO 1: ESTUDIO HIDROLÓGICO.

- Caudal de Equipamiento
 - Salto Bruto y Neto
-



ÍNDICE

1- INTRODUCCIÓN	217
2- OBJETIVO	217
3- DISEÑO DE UN APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO	218
3.1. Determinación del Caudal Turbinado	218
3.1.1. Hidrometría.....	218
3.1.2. Determinación del año representativo.....	221
3.1.3. Caudales clasificados	222
3.1.4. Caudal de Equipamiento.....	223
3.1.5. Caudal mínimo Técnico.....	226
3.2- Cálculo del salto Bruto y Neto	227
3.2.1. Emplazamiento de la Central.....	228
3.2.2. Medida del salto bruto	230
3.2.3. Estimación del salto neto.....	231



1- INTRODUCCIÓN

A continuación, se procede a determinar valores representativos del caudal del río Bernesga a través de la clasificación de los valores históricos, así como determinar el salto y, con ellos, escoger el tipo de turbina que maximice la rentabilidad de la central (energía eléctrica producida vs costes).

2- OBJETIVO

El objeto del presente proyecto es el análisis de la viabilidad desde el punto de vista técnico-ambiental, de un aprovechamiento hidroeléctrico en el río Bernesga (León), cuya titularidad corresponde a la Confederación Hidrográfica del Duero.

Para su correcta elaboración, se debe de realizar el estudio hidrológico del río correspondiente, que es de lo que se trata este apartado, y obtener así el posible caudal a utilizar y la diferencia de cota aprovechable del río en el tramo de estudio, responsables de la Energía Hidráulica que las turbinas de la central convertirán en Energía Mecánica.

El alcance del estudio ha sido el siguiente:

Realización del estudio hidrológico. Determinación del caudal de equipamiento.

Cálculo del salto neto.

Cálculo de la potencia de la central y la energía producida.

Con la realización de este estudio, se consigue determinar valores representativos del caudal aprovechable del río Bernesga en la zona de estudio, a través de la clasificación de los valores históricos, y con ellos, escoger el tipo de central y de turbina que se deben de plantear en el proyecto para que maximicen la rentabilidad de la central a ejecutar (energía eléctrica producida vs costes).

La central mini-hidroeléctrica que se plantea, está destinada al abastecimiento de electricidad a todo el barrio de Eras de Renueva junto con el centro comercial allí situado denominado "Espacio León". El planteamiento se basa en que la central aproveche el caudal del río para producir electricidad.



3- DISEÑO DE UN APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO

La potencia de una central hidroeléctrica es proporcional a la altura del salto y al caudal turbinado, por lo que es muy importante determinar correctamente estas variables para el diseño de las instalaciones y el dimensionamiento de los equipos.

3.1. Determinación del Caudal Turbinado

La hidrología del cauce, en este caso del río Bernesga, va a condicionar el funcionamiento de la mini-central proyectada, por lo que es fundamental la elección de un caudal de diseño adecuado para definir el equipamiento a instalar, de forma que la energía producida sea la máxima posible en función de la hidrología.

Por tanto, el conocimiento del régimen de caudales del río en la zona próxima a la toma de agua es imprescindible para la determinación del caudal de diseño del aprovechamiento y determinar así la potencia a instalar y la energía producible a lo largo de los años por la mini-central hidroeléctrica.

3.1.1. Hidrometría

Aforar es medir el caudal de una corriente de agua en un punto de la misma en un instante determinado.

Existe una red de estaciones de aforo en las que se registran los caudales momentáneos que circulan por el tramo del río donde se encuentran y a partir de estos se determinan los caudales máximos, medios y mínimos diarios correspondientes a un gran número de años, con los que se elaboran series temporales agrupadas por años hidrológicos. Su instalación y control dependen de organismos públicos y privados. En España existe una extensa red de estaciones de aforo, que nos facilitan datos sobre los caudales de un elevado número de ríos durante un significativo número de años.

La obtención de los datos de estaciones de aforo puede hacerse a través de los Organismos de cuenca o en el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), organismo autónomo adscrito orgánicamente al Ministerio de Fomento y funcionalmente a los Ministerios de Fomento y Medio Ambiente.



CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO

SERVICIO DE AFOROS Y ESTADÍSTICAS

RESUMEN HISTÓRICO DE DATOS DE LA ESTACIÓN

ESTACIÓN DE AFOROS Nº: 115
Río: BERNESGA
En: LEÓN

Clasificación decimal: 2-01-34-04
Superficie cuenca estación: 620 Km²
UTM X: 288557 UTM Y: 4719123

AÑOS	DATOS ANUALES			APORTACIONES MENSUALES EN Hm ³												CAUDALES MÁXIMOS ANUALES						
	PREC	APORTACIÓN		OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	Q _c m ³ /s	Fecha		Q _{cl} m ³ /s	Fecha		
	mm.	mm.	Hm ³														mes	día		mes	día	
2002-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,55	17,11	2,31	0,70	0,81	0,89	-	-	-	-	-	-	-
2003-04	-	448	277,5	6,18	47,09	54,17	58,09	18,52	42,98	28,59	15,78	2,62	0,71	0,83	1,90	96,5	11	23	134,0	11	23	
2004-05	-	505	312,8	23,19	41,78	33,16	40,69	21,36	75,86	56,79	14,72	2,96	0,66	0,36	1,27	114,0	3	22	165,0	3	22	
2005-06	-	462	286,4	9,32	19,83	23,92	23,29	15,74	90,00	43,88	21,00	11,75	7,66	7,25	12,80	70,1	3	24	79,7	3	24	
2006-07	-	683	423,5	84,64	58,84	42,59	15,35	60,48	48,48	45,88	32,94	22,55	5,76	4,53	1,46	150,0	10	25	217,0	10	25	

VALORES

MEDIOS:	-	524	325,1	30,83	41,89	38,46	34,36	29,03	64,33	45,14	20,31	8,44	3,10	2,76	3,66	107,7	-	-	148,9	-	-
MÁX.:	-	683	423,5	84,64	58,84	54,17	58,09	60,48	90,00	56,79	32,94	22,55	7,66	7,25	12,80	150,0	-	-	217,0	-	-
MÍN.:	-	448	277,5	6,18	19,83	23,92	15,35	15,74	42,98	28,59	14,72	2,31	0,66	0,36	0,89	70,1	-	-	79,7	-	-
CAUDAL MEDIO (m ³ /s)		10,31	11,51	16,16	14,36	12,83	12,00	24,02	17,41	7,58	3,26	1,16	1,03	1,41							

Figura 117: Datos de la Estación de Aforo 115. Río Bernesga (León) (CHD, 2015)

En este caso la obtención de los datos de estaciones de aforo se ha hecho a través Servicio de Aforos y Estadísticas de la Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Duero (CHD).

En aquellos aprovechamientos en los que no existe una estación de aforo próxima a la central, se realiza un estudio hidrológico aplicando un modelo matemático de simulación basado en los datos de precipitaciones sobre la cuenca y caudales de una cuenca de similares características.

La hidrometría de los Organismos de cuenca tiene dos componentes: la medida de caudales circulantes (aforos) y reservas de aguas superficiales y la de los niveles de las aguas subterráneas (piezometría). En lo relacionado con los aforos, en los ríos, la determinación de la medida de los parámetros hidrométricos tiene como propósito el conocimiento preciso, referido a su entorno geográfico y al tiempo, de los niveles y de otros parámetros considerados característicos y representativos, como son el nivel de aguas superficiales, el caudal o la pluviometría.

Para realizar el estudio hidrológico se necesita disponer de datos relativos a una cantidad de años hidrológicos lo suficientemente elevada, de forma que incluya años muy húmedos, húmedos, normales, secos y muy secos.



En este caso, los datos de aportaciones de los que se ha partido corresponden a la serie temporal que va desde el año 2003, en el que se comienzan a tener datos debido a la realización de la estación de aforo en León, hasta el año 2014, los cuales se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 24: Aportaciones medidas en la estación de aforo de León

AÑO	Aportación Hm ³
2003-2004	277,48
2004-2005	312,75
2005-2006	286,44
2006-2007	423,13
2007-2008	152,37
2008-2009	216,70
2009-2010	358,86
2010-2011	295,63
2011-2012	189,18
2012-2013	288,72
2013-2014	349,78
MEDIA	286,46

Estos datos nos servirán para determinar el año representativo a partir del cual obtendremos la curva de caudales clasificado, la cual permite escoger el caudal de diseño más eficiente, y a partir de este, del valor del caudal ecológico (definido por decisión administrativa), y del caudal mínimo técnico de cada una de las turbinas utilizables, evaluar la potencia de la planta y la producción anual esperada en un año hidráulico medio.



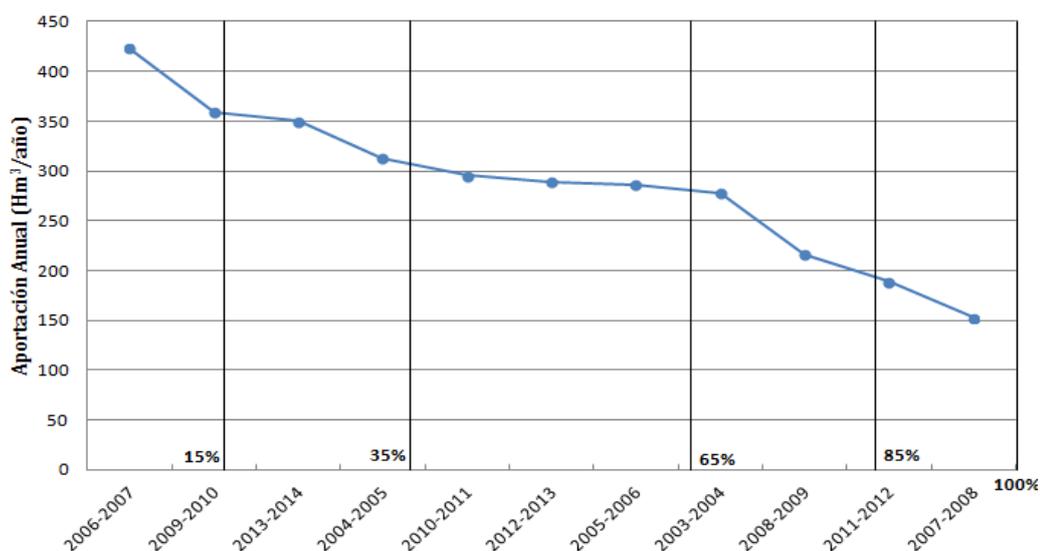
3.1.2. Determinación del año representativo

En todo estudio hidrológico se obtiene una serie de datos anuales lo suficientemente grande como para realizar una distribución estadística que tipifique los años en función de la aportación registrada: años muy secos, secos, medios, húmedos y muy húmedos de acuerdo al criterio siguiente (Tabla 15):

Tabla 15: Clasificación del tipo de año en función de la aportación

TIPO DE AÑO	NIVEL DE PROBABILIDAD (%)
Muy Húmedo	$P \leq 15$
Húmedo	$15 \leq P \leq 35$
Normal - Medio	$35 \leq P \leq 65$
Seco	$65 \leq P \leq 85$
Muy Seco	$85 \leq P$

Para efectuar esta clasificación se procede a realizar una distribución estadística de los diferentes años de la serie estudiada, realizando una gráfica en la que se ordenen los años en función de sus aportaciones (Gráfica 1) y estimando los porcentajes correspondientes al criterio anteriormente mencionado (Tabla 15).



Gráfica 1: Distribución estadística de las aportaciones anuales (Hm³)



Se distingue entre años secos o muy secos, años medios y años húmedos o muy húmedos, se obtiene la siguiente distribución:

- Años secos o muy secos: 2003-2004, 2008-2009, 2011-2012, 2007-2008-
- Años medios: 2010-2011, 2012-2013, 2005-2006.
- Años húmedos o muy húmedos: 2006-2007, 2009-2010, 2013-2014, 2004-2005.

Se debe de determinar el año representativo escogiendo un año del grupo clasificado como normales o medios, escogiendo en este caso el año 2010-2011 el cual tiene una aportación de 295,63 Hm³, y a partir de él y de sus datos de caudal medio, se elaborará la curva de caudales clasificados.

3.1.3. Caudales clasificados

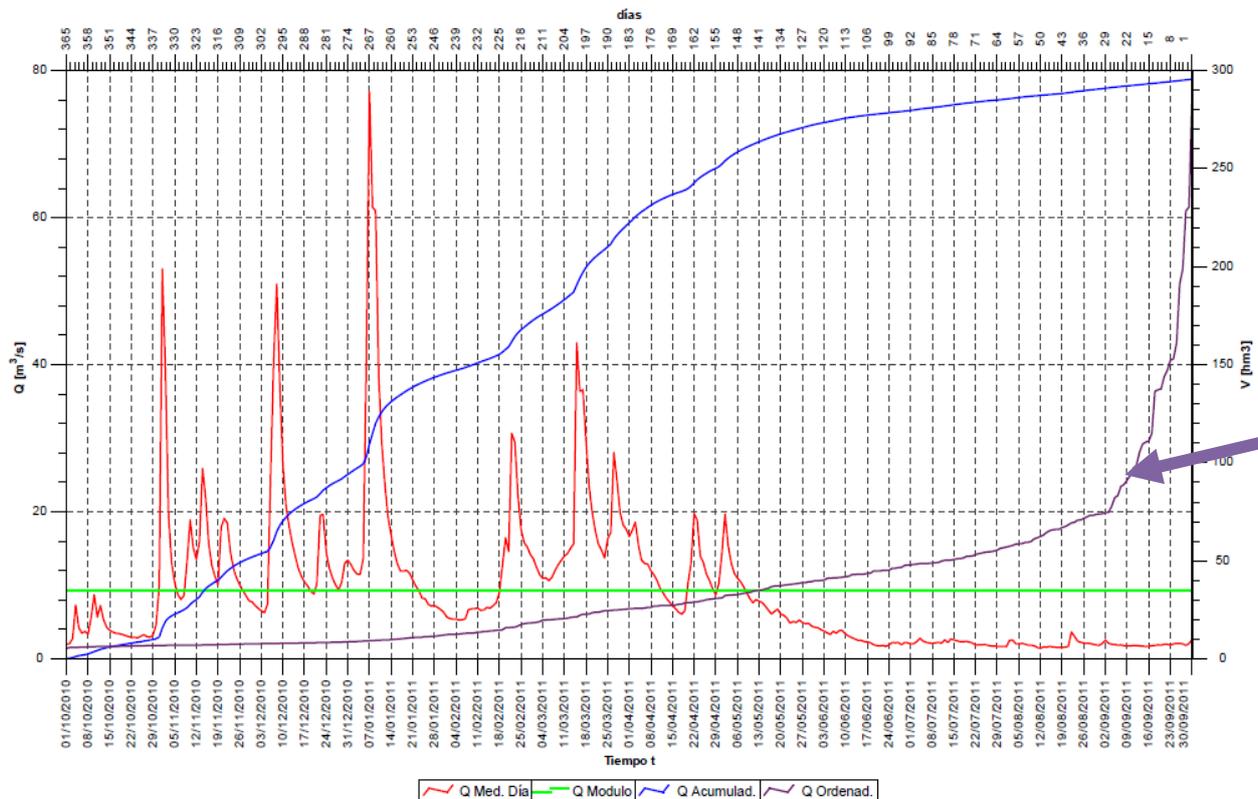
Una vez determinado el año representativo, a partir de los caudales medios diarios de dicho año se construye una curva o se calculan unos índices en función del número de días al año en que dicho caudal ha sido superado o igualado.

Especifica de forma muy adecuada, en términos adimensionales, el régimen hidrológico de un cauce con el fin de su aprovechamiento hidroeléctrico. La curva de caudales clasificados proporciona una valiosa información gráfica sobre el volumen de agua existente, el volumen turbinado y el volumen vertido por servidumbre, mínimo técnico o caudal ecológico.

La curva o los índices de caudales clasificados representan por tanto la distribución de frecuencia de los caudales medios diarios para la media de años disponibles.

Nos informa de los días del año en que se supera un determinado caudal.

El gráfico de caudales clasificados se realiza a partir de los datos diarios de caudal del río para el año 2010-2011, cuya curva se muestra en el gráfico siguiente en morado, nombrada como Q ordenado (Gráfica 2), y sirve para estimar el caudal de equipamiento buscado.



Gráfica 2: Datos diarios de caudal del río Bernesga para el año 2010-2011 (CHD, 2015)

3.1.4. Caudal de Equipamiento

La determinación del Caudal de equipamiento se realiza, no sólo teniendo en cuenta los caudales que circulan por el río, sino también el tipo de turbina a utilizar. El caudal de equipamiento seleccionado ha de ser adecuado al tipo de máquinas a instalar, de forma que la energía producida sea la máxima posible en función de la hidrología.

Por tanto, este caudal Q_e se elegirá de forma que el volumen turbinado sea máximo, es decir, el área encerrada entre los puntos A, B, C, D, E, A sea máxima (Figura 118).

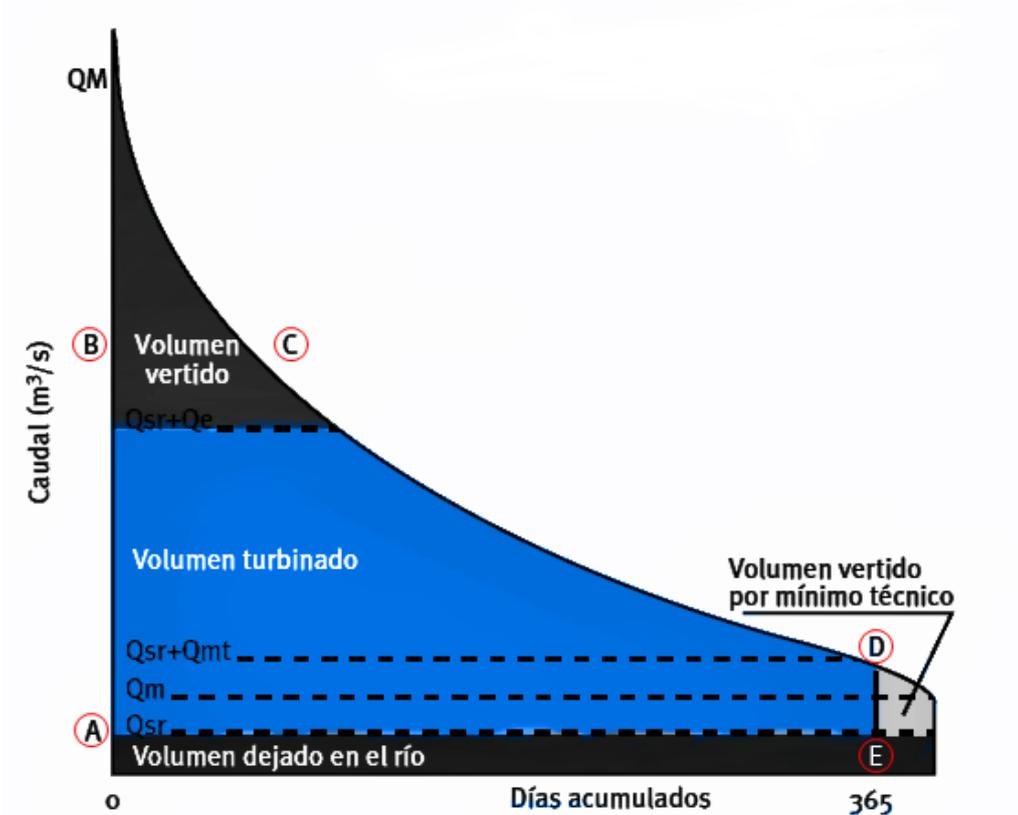
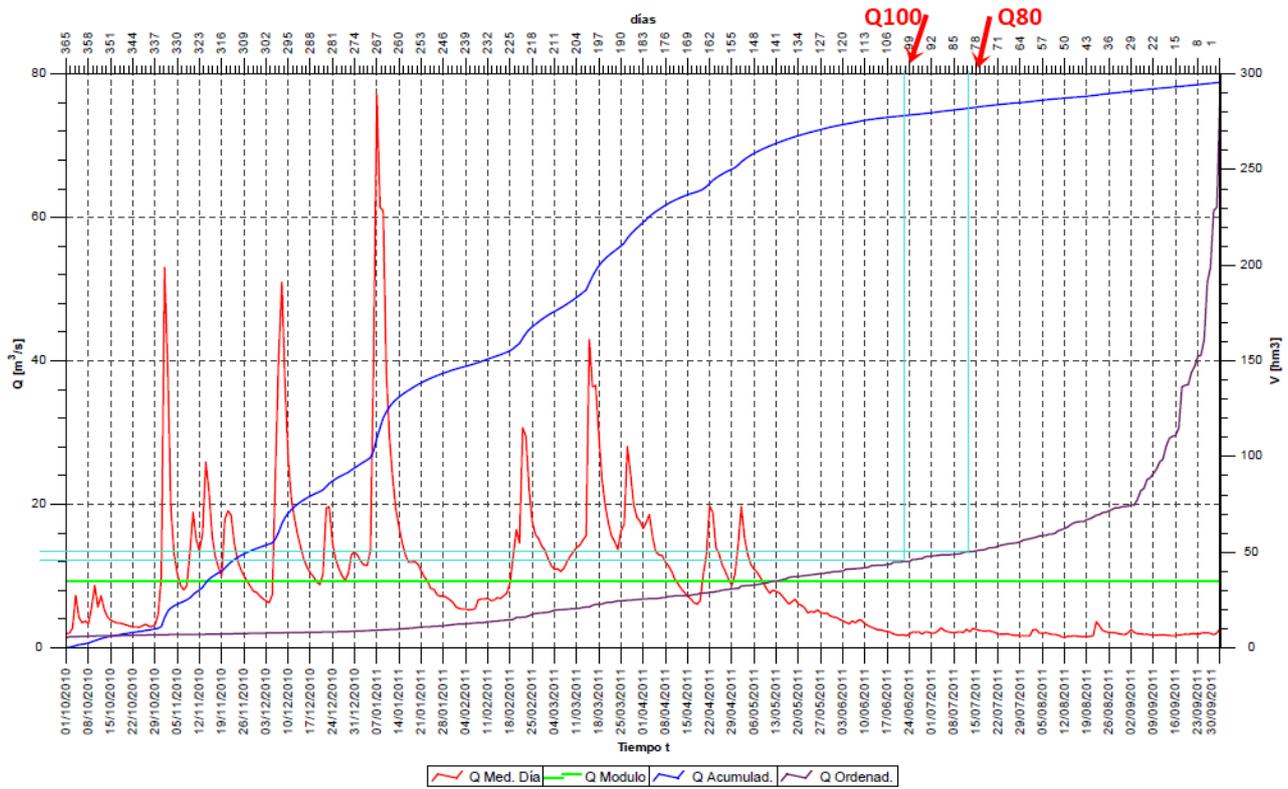


Figura 118: Curva de Caudales Clasificados (CCC) (Modificada de IDAE, 2006)

En algunas ocasiones no se elige el caudal que proporciona mayor producción, ya que hay que tener en cuenta otros factores como pueden ser: la inversión necesaria, instalaciones ya existentes que condicionan el caudal a derivar (por ejemplo túneles, azudes o los canales de derivación de las mini-centrales de caudal fluyente, como es el caso de estudio, etc.) ya que puede ocurrir que la diferencia de kWh generados de una a otra variante, no compense el incremento de inversión que hay que realizar, por lo que su determinación se establece mediante otro método, que es utilizando la curva de caudales clasificados realizada anteriormente.

En esta curva hay que descontar el caudal ecológico, que es el caudal que debe circular como mínimo por el río durante todo el año. Este caudal ecológico suele indicarlo el Organismo de Cuenca o las Diputaciones Forales. En el caso de no ser así, una buena estimación es considerar el caudal ecológico igual al 10% del caudal medio interanual. Para este caso se tiene en cuenta el mantenimiento de un caudal ecológico de 2 m³/s.



Gráfica 3: Caudales diarios del río Bernesga en el año 2010-2011. Elección del caudal de equipamiento entre Q80 y Q100. (CHD, 2015)

Se elige el posible caudal de equipamiento en el intervalo de la curva de caudales clasificados, obtenida anteriormente, comprendido entre el Q80 y el Q100 (gráfica 3), siendo el Q80 el caudal que circula por el río durante 80 días al año y el Q100 el que circula durante 100 días al año.

Se realiza la estimación aproximada de los caudales circulantes por el cauce durante 100 días (Q100) y durante 80 días (Q80) con ayuda de la curva de caudales clasificados, obteniendo unos caudales aproximados de $12\text{ m}^3/\text{s}$ (Q100) y de $14\text{ m}^3/\text{s}$ (Q80).

Se selecciona un valor medio de este intervalo, eligiendo en este caso el de $13\text{ m}^3/\text{s}$, y se le descuenta el caudal ecológico ($2\text{ m}^3/\text{s}$), **obteniendo por tanto un caudal de equipamiento de $11\text{ m}^3/\text{s}$.**



3.1.5. Caudal mínimo Técnico

Cada tipo de turbina tiene un rango de funcionamiento con un caudal máximo y otro mínimo por debajo del cual la turbina no funcionaría con rendimiento aceptable, por lo que, dependiendo del tipo de turbina utilizada en la instalación, será necesario tener en cuenta un caudal mínimo técnico (Q_{mt}) que será directamente proporcional al caudal de equipamiento con un factor de proporcionalidad K que depende del tipo de turbina.

Este caudal mínimo es aproximadamente: $Q_{mt}=K \cdot Q_e$

Para turbinas PELTON: 10% Q_e equipamiento

Para turbinas KAPLAN: 25% Q_e equipamiento

Para turbinas FRANCIS: 40% Q_e equipamiento

Para turbinas OSSBERGER: 20% Q_e equipamiento

También se puede estimar para cada turbina en función del caudal turbinado con los siguientes valores:

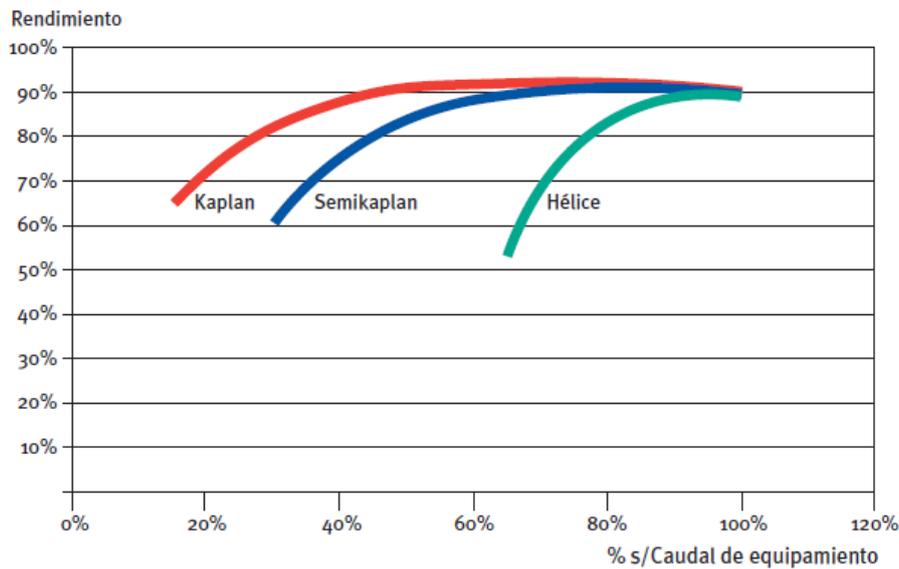


Figura 119: Rendimientos de los diferentes tipos de turbinas en función del caudal turbinado (IDAE, 2006)

De cualquier forma, se obtiene que el caudal mínimo técnico para una turbina Kaplan (más adelante se justificará la utilización de este tipo de turbina) como la que se utilizará es del 25 % del caudal de equipamiento ($11 \text{ m}^3/\text{s}$ en este caso), **obteniendo por tanto un caudal mínimo técnico de aproximadamente $2,75 \text{ m}^3/\text{s}$.**



La mini-central debe mantener un caudal mínimo ecológico de $2 \text{ m}^3/\text{s}$, por lo tanto, la mini-central hidráulica funciona en los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio y Julio completos durante 10 horas al día, debido a que el caudal ecológico obligatorio es superado siempre en esos meses.

Esto hace un total de aproximadamente 3000 horas anuales de funcionamiento de la mini-central.

3.2- Cálculo del salto Bruto y Neto

El salto, como se ha mencionado anteriormente, es otro parámetro fundamental para el diseño de una minicentral hidroeléctrica. Deberá ser el máximo permitido por la topografía del terreno, teniendo en cuenta los límites que marcan la afección al medio ambiente y la viabilidad económica de la inversión.

A continuación, se definen los siguientes conceptos:

- Salto bruto: Es la altura existente entre el punto de la toma de agua del azud y el punto de descarga del caudal turbinado al río. Por tanto, es la distancia vertical, medida entre los niveles de la lámina de agua en la toma y en el canal de descarga.

- Salto útil: Desnivel existente entre la superficie libre del agua en la cámara de carga y el nivel de desagüe en la turbina.

- Salto neto: Es la diferencia entre el salto útil y las pérdidas de carga producidas a lo largo de todas las conducciones. Representa la máxima energía que se podrá transformar en trabajo en el eje de la turbina.

- Pérdidas de carga: Son las pérdidas por fricción del agua contra las paredes del canal y sobre todo en la tubería forzada, más las pérdidas ocasionadas por turbulencia, al cambiar de dirección el flujo, al pasar a través de una rejilla o de una válvula, etc. Se miden como pérdidas de presión (o altura de salto) y se calculan mediante fórmulas derivadas de la dinámica de fluidos.

3.2.1. Emplazamiento de la Central

El primer paso para determinar el salto neto será elegir un emplazamiento para la central y así poder determinar el salto bruto a partir del plano topográfico y los datos de nivel del embalse.

Se situará en la margen izquierda del río Bernesga en el barrio Eras de Renueva, a la altura del centro comercial "Espacio León", en el término municipal de León, en el punto mostrado en la siguiente imagen y plano de situación.



Figura 120: Plano de situación de la minicentral

La minicentral proyectada se situaría en una cota aproximada de 832 metros, estimándose así que el acceso situado en la estancia superior del edificio se encuentre a una cota aproximada de 835 metros, a la cual se encuentra el paseo y carretera del terreno en el margen del río en el que se proyecta, por lo que facilitará los procesos de adaptación de los accesos a la central.

En este punto elegido para la proyección de la central, la cuenca aportadora es la del río Bernesga y es de aproximadamente 632 km² (de los 1.140 km² totales que vierten sus aguas al río Esla) y la zona en que se halla es totalmente urbana.

Como se ha expuesto antes, se ha realizado un estudio de caudales clasificados que se pueden esperar en la mini-central (apartado 3.1.4. de este anexo), obteniendo de esta forma un caudal medio que circulara por el río y responsable del aprovechamiento de aproximadamente $11 \text{ m}^3/\text{s}$.

El caudal de diseño de la turbina, al objeto de conseguir un aprovechamiento razonable en todo momento de la instalación, se fija en un rango que va desde $4 \text{ m}^3/\text{s}$ a $20 \text{ m}^3/\text{s}$.

Como caudal ecológico se han fijado $2 \text{ m}^3/\text{s}$, respetando así los 1.200 l/s que será el mínimo a mantener por encima del azud y que es, el que de acuerdo con los estudios realizados del acondicionamiento del encauzamiento actual garantiza una lámina constante y adecuada a lo largo del cauce aguas abajo del punto de toma, ya que una abstracción de agua incontrolada, aunque se devuelva al cauce una vez pasada por la turbina, hará que el tramo cortocircuitado quede prácticamente seco en periodos del año con un aporte de agua pequeño, con serio peligro para la supervivencia de la biota acuática.

Para garantizar que se mantenga este caudal ecológico, se instalarán en la turbina los dispositivos necesarios de regulación que permitan turbinar manteniendo el mencionado caudal ecológico aguas abajo del azud.



Figura 121: Fotografía del lugar de ubicación del aprovechamiento



Se tomó el nivel de azud a la cota aproximada de 830 metros, que será la que tenga la lámina de agua por encima de este y por tanto la altura de la lámina en el punto de toma.

En la figura anterior (Figura 121) se muestra la zona, de forma aproximada, en la que se realizaría la central.

Por otra parte, la reciente intención de eliminar el azud del puente de San Marcos para evitar la acumulación de basura, favorece la creación de la minicentral en Eras de Renueva, ya que será difícil para la central existente aguas abajo turbinar el máximo caudal posible al perder el azud y producir así la máxima potencia.

3.2.2. Medida del salto bruto

La altura bruta es la diferencia entre el nivel de la superficie libre del agua en el punto en el que se realiza la toma, siendo en este caso el nivel del agua en el azud, y la cota del punto donde se descarga el agua turbinada al río, que será la altura de lámina de agua al final del canal de salida.

Para una primera aproximación y planteamiento inicial, se puede estimar el salto bruto mediante un plano topográfico.

Sin embargo, para una determinación más correcta y exacta, sería necesario realizar un levantamiento topográfico de la zona, siendo la utilización del GPS el método más rápido para levantar todos los planos necesarios para un anteproyecto ya que ha avanzado en precisión.

La cota estimada a la que se sitúa la lámina de agua a la entrada del canal es de 830 metros aproximadamente.

La altura del nivel de agua en su punto de retorno al cauce, en el canal de salida, se ha considerado la misma que tiene el río en ese punto, aguas abajo del azud a una longitud igual a la que tendrá el canal, ya que, realizando los cálculos de esta manera, se produce una restitución natural del caudal al río. Se fija, por lo tanto, una altura de lámina de agua de 825 metros aproximadamente

De acuerdo con ello, el salto bruto existente, entendiéndose como tal la diferencia entre la lámina de agua en labio de azud y la lámina de agua en la conexión del canal de desagüe con el río Bernesga, es de unos 5 metros.



3.2.3. Estimación del salto neto

Conocido el valor del salto bruto, es necesario estimar las pérdidas por fricción en las conducciones por las que circulará el agua, y las originadas por turbulencias en las rejillas, codos, válvulas, turbina etc.

Así mismo, en algunos tipos de turbina hay que tener en cuenta además que la descarga tiene lugar a una altura superior a la de la lámina de agua en el canal de restitución. El salto neto es el resultado de restar al salto bruto todas esas pérdidas.

El cálculo de las pérdidas de carga se realiza mediante fórmulas empíricas ampliamente difundidas. Sin embargo, una consideración aceptable, a nivel de estudio de viabilidad como es el caso, es suponer que la pérdida de carga es del orden de un 5% a un 10% del salto bruto.

En este estudio se consideran unas pérdidas de carga del 8% del salto bruto, obteniendo entonces como resultado:

$$H_{NETA} = H_{BRUTA} - \text{Pérdidas de carga} = 5 - (5 \times 0,08) = 4,6 \text{ metros}$$

Por tanto, tenemos que el salto aprovechable y con el que se dimensionará la turbina es de 4,6 metros.

ANEXO 2: ELECCIÓN DE LA TURBINA, POTENCIA Y PRODUCCIÓN



ÍNDICE

1- INTRODUCCIÓN	234
2- OBJETIVO	234
3- ELECCIÓN DE LA TURBINA	234
3.1. Características Turbina Elegida	236
4- POTENCIA A INSTALAR.....	237
5. PRODUCCIÓN DE LA CENTRAL	240



1- INTRODUCCIÓN

En esta parte del estudio se elige la turbina más conveniente a utilizar con las características de caudal y de salto neto de la mini-central planteada en este proyecto para conseguir el máximo rendimiento y máxima potencia posible.

2- OBJETIVO

Este apartado tiene como objetivo determinar, como ya se ha mencionado, el tipo de turbina que se va a instalar, cuya elección estará en función del salto (grande o pequeño) y del caudal (variable o constante, alto o bajo), que marcarán si es más conveniente usar un tipo u otro de turbina. Esto es lo que nos indica el rango de utilización.

Además, hay que tener en cuenta la curva de rendimiento de cada turbina, que varía según sea el caudal de funcionamiento.

Una vez se haya elegido la turbina a utilizar, se procede a calcular la potencia media y máxima que se obtendrá con esa turbina, su rendimiento y los distintos parámetros calculados anteriormente (caudal y salto).

3- ELECCIÓN DE LA TURBINA

El tipo de turbina, su geometría y dimensiones vienen condicionados por toda una serie de aspectos técnicos, de los cuales se tratarán en este estudio de viabilidad los más relevantes.

En general, la turbina a utilizar sería; En función del Caudal:

- Caudales Reducidos: Turbinas Pelton y Ossberger.
- Caudales Intermedios: **Turbinas Francis.**
- Caudales Elevados: **Turbinas Pelton.**

En función del Salto:

- Saltos Reducidos de entre 2 y 20 metros: **Turbinas Kaplan.**
- Saltos Medios de 10 a 50 metros: **Turbinas Francis.**
- Saltos Elevados de entre 50 y 1.300 metros: **Turbinas Pelton.**

Asimismo, es importante tener en cuenta que las turbinas de reacción grandes ofrecen mejores rendimientos que las pequeñas, ya que el rendimiento aumenta cuando aumenta el diámetro de salida. Las curvas de rendimiento dadas en los apartados anteriores corresponden a un rodete de tamaño medio. Para rodetes de gran tamaño, superiores a los 3 metros de diámetro, se produce un incremento de rendimiento.

Para preseleccionar el tipo de turbina a instalar en una minicentral, se utilizan unos ábacos que suelen facilitar los fabricantes de turbinas, mediante los cuales se determina el tipo de turbina a partir de los parámetros de salto y caudal.

Se muestra a continuación el ábaco, de carácter orientativo, que se ha utilizado para seleccionar el tipo de turbina. Está elaborado integrando los datos de varios fabricantes (figura 122) y muestra las envolventes operacionales de las turbinas más utilizadas. Tal y como puede verse, entrando en abscisas con el caudal de agua en m^3/s y en ordenadas con el salto en metros, se define un punto en la gráfica que reúne las envolventes operacionales de cada tipo de turbina.

Cualquier turbina dentro de cuya envolvente caiga dicho punto, será la más adecuada a instalar en el aprovechamiento en cuestión.

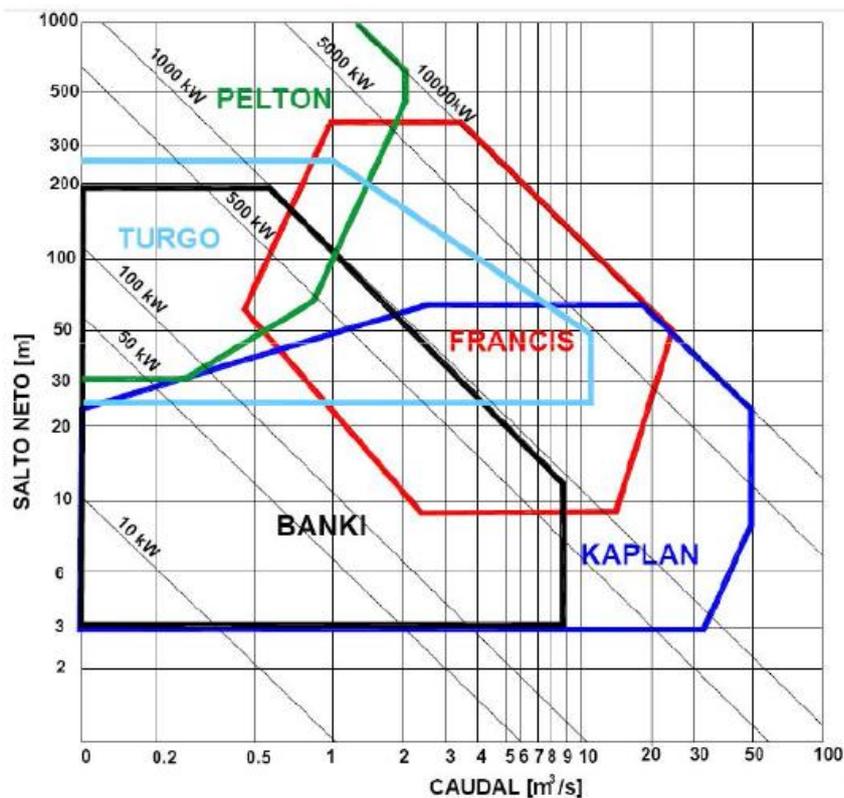


Figura 122: Ábaco de selección del tipo de turbina (ESHA, 2006)



Como se aprecia en el diagrama, con una altura neta de 4,6 metros y $Q= 11 \text{ m}^3/\text{s}$ nos encontramos dentro del rango de utilización de las turbinas tipo Kaplan.

Teniendo en cuenta las especificaciones del salto neto y del caudal a turbinar, seleccionaremos por tanto una **turbina Kaplan de doble regulación**, debido también a los siguientes motivos:

- Bajas pérdidas hidráulicas.
- Diseño robusto (bajo coste de mantenimiento y, por lo tanto, alta disponibilidad)
- Espacio reducido.
- Disminución del coste de instalación y de la casa de máquinas debido a que los elementos se sitúan al mismo nivel y el hormigonado es más sencillo.

3.1. Características Turbina Elegida

Tabla 26: Características de la Turbina

Salto neto	4,30 – 4,60 m
Caudal máximo	20 m³/s
Caudal mínimo	4 m³/s
Velocidad	190 r.p.m.
Potencia máxima	760 KW
Diámetro del rodete	1900 mm
Altura de aspiración	1 m
Velocidad de embalamiento	395/1559 r.p.m.
Carga axial r.p.m. nominales	100 kN
Carga axial r.p.m. embalamiento	130 kN



4- POTENCIA A INSTALAR

La minicentral hidroeléctrica cuenta con una potencia disponible que varía en función del caudal de agua disponible para ser turbinado, el salto existente en cada instante y las horas de funcionamiento.

Para llevar a cabo el cálculo de la producción se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

-Como el caudal es variable en función del tiempo, la energía se calculará en períodos de tiempo en los que el caudal pueda considerarse constante.

-Respecto al salto, se podrá considerar constante en centrales fluyentes, como es el caso, y será variable en centrales de pie de presa (curva Q-H del embalse).

La determinación de la potencia servirá asimismo para calcular el número de turbinas necesarias en la explotación.

La instalación de varias máquinas tiene una serie de ventajas e inconvenientes. Entre las ventajas destaca el hecho de que se puede turbinar una mayor cantidad de agua, ya que en caso de que el caudal no sea suficiente para que trabajen las dos máquinas, lo puede hacer una sola. Además, el rendimiento de la turbina será mayor, debido a que las turbinas trabajarán en condiciones más próximas a las de diseño. El principal inconveniente es que la inversión inicial será muy superior, ya que se duplicará el número de turbinas, alternadores y otros dispositivos que será necesario instalar.

En este caso, se instalará una única turbina con elementos de regulación para que permita turbinar el caudal adecuado que maximice el rendimiento en la medida de lo posible.

La expresión que nos proporciona la potencia instalada es la siguiente:

$$P = g \cdot Q \cdot Hn$$



Siendo:

P = Potencia Instalada (kW).

Q = Caudal (m³/s).

H_n = Salto neto (m).

g = gravedad (9,81).

La potencia media generada por la mini-central en el río Bernesga sería:

$$P_{\text{Teórica}} = 9,81 \cdot 11 \cdot 4,6 = 496,386 \text{ KW}$$

Teniendo como potencia máxima la producida por el caudal máximo admisible turbinado:

$$P_{\text{Teórica máxima}} = 9,81 \cdot 20 \cdot 4,6 = 902,52 \text{ KW}$$

Sin embargo, la potencia a la salida de la minicentral es igual a:

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H_n \cdot e$$

Siendo:

P = Potencia en kW.

Q = Caudal de equipamiento en m³/s.

H_n = Salto neto existente en metros.

e = Factor de eficiencia de la central, que es igual al producto de los rendimientos de los diferentes equipos que intervienen en la producción de la energía:



$$e = \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr}$$

Siendo:

η_t = Rendimiento de la turbina.

η_g = Rendimiento del generador.

η_{tr} = Rendimiento del transformador.

Los rendimientos de las turbinas, generadores y transformadores son facilitados por los fabricantes de los propios equipos. En un primer estudio puede tomarse como factor de eficiencia de la minicentral moderna un valor próximo a 0,85.

$$P_{media} = 9,81 \cdot 4,6 \cdot 11 \cdot 0,85 = 421,928 \text{ KW}$$

$$P_{máxima} = 9,81 \cdot 4,6 \cdot 20 \cdot 0,85 = 767,142 \text{ KW}$$



5. PRODUCCIÓN DE LA CENTRAL

La producción media anual de la minicentral hidroeléctrica es el producto de la potencia, en cada momento, por las horas de funcionamiento. Se calcula utilizando la fórmula anterior para la estimación de la potencia, aplicando el factor de las horas de funcionamiento, con lo cual, quedará:

$$\text{Producción (kWh)} = 9,81 \cdot Q \cdot H_n \cdot T \cdot e$$

Siendo:

H_n = Altura de salto (m)

T = nº de horas de funcionamiento. Se estima un funcionamiento de 10 horas diarias en los meses en los que la central está operativa. Como se observa en el estudio hidrológico, en el anexo 1, no será posible turbinar el caudal durante todos los meses del año, ya que, para poder hacerlo, el caudal circulante debe de ser mayor al ecológico que hay que respetar. Se toman, por lo tanto, 10 meses de funcionamiento, por lo que para realizar el cálculo estimaremos 3000 horas anuales.

Q = Caudal medio calculado (caudal de equipamiento), del año representativo elegido en el estudio hidrológico (11 m³/s), para asegurarnos así que en todo momento respetamos los requerimientos ecológicos.

e = Rendimiento de la turbina, generador y transformador. Como ya se mencionó, son datos que los fabricantes facilitan, pero de forma aproximada se toma 0,85.

Con todo esto, se obtiene:

$$\text{Producción media (kWh)} = 9,81 \cdot 11 \cdot 4,6 \cdot 3000 \cdot 0,85 = 1.265.784 \text{ kWh}$$

$$\text{Producción máxima (kWh)} = 9,81 \cdot 20 \cdot 4,6 \cdot 3000 \cdot 0,85 = 2.301.426 \text{ kWh}$$

Esto supone, tomando un consumo energético por persona de 1200 kWh y una media de 2,5 personas por familia (según el INE), abastecer aproximadamente a más de 400 familias con la producción media y cerca de 800 con el suministro máximo.

ANEXO 3: VIABILIDAD ECONÓMICA



ÍNDICE

1- INTRODUCCIÓN	244
2- OBJETIVO	244
3- RÉGIMEN ECONÓMICO DE LA ENERGÍA MINIHIDRÁULICA	245
4. ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD	246
4.1. Periodo simple de retorno.....	247
4.2. Índice de Energía	248
4.3. Índice de Potencia	248
4.4. Valor Actual Neto (VAN)	248
4.5. Tasa interna de rentabilidad (TIR)	252
5. CONCLUSIONES.....	253



1- INTRODUCCIÓN

En este capítulo del documento, se evaluará la rentabilidad de la minicentral hidroeléctrica proyectada, en el río Bernesga a su paso por la ciudad de León, calculando el valor actual neto y la tasa interna de retorno, por medio de la estimación de sus gastos y costes, tanto de inversión como de mantenimiento, y de los ingresos producidos por la venta de la energía eléctrica producida.

2- OBJETIVO

El estudio económico tiene como finalidad evaluar la viabilidad de un proyecto, siendo en este caso, el proyecto de una central minihidroeléctrica.

Estos proyectos requieren la realización de pagos a lo largo de su periodo de vida, estimado en veinticinco o treinta años típicamente, debidos a la inversión inicial, que difiere en el tiempo gracias a la financiación externa, unas cantidades anuales fijas (seguros e impuestos que gravan los ingresos) y unas cantidades anuales variables (gastos de operación y mantenimiento). Estos pagos son compensados en el tiempo por los ingresos, que producen las centrales minihidroeléctricas, de la venta de la energía generada.

Una vez calculados los datos económicos y las características del aprovechamiento, se deducirá el periodo de retorno simple, el índice de energía y el índice de potencia, como parámetros característicos que evalúan la rentabilidad del proyecto en una primera estimación.

Y para finalizar, se llevará a cabo el estudio de la rentabilidad de forma más exacta, mediante el método del valor actual neto (VAN) y se calculará también la tasa interna de retorno (TIR).



3- RÉGIMEN ECONÓMICO DE LA ENERGÍA MINIHIDRÁULICA

Según el Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, mediante el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos, han sido clasificadas en categorías, grupos y subgrupos, que se definen en el artículo 2 del citado Real Decreto y que son los siguientes:

Grupo b.4

Centrales hidroeléctricas cuya potencia instalada no sea superior a 10 MW. Dicho grupo se divide en dos subgrupos:

Subgrupo b.4.1: Centrales hidroeléctricas cuyas instalaciones hidráulicas (presa o azud, toma, canal y otras) hayan sido construidas exclusivamente para uso hidroeléctrico.

Subgrupo b.4.2: Centrales hidroeléctricas que hayan sido construidas en infraestructuras existentes (presas, canales o conducciones) o dedicadas a otros usos distintos al hidroeléctrico.

Grupo b.5

Centrales hidroeléctricas cuya potencia instalada sea superior a 10 MW. Dicho grupo se divide en dos subgrupos:

Subgrupo b.5.1: Centrales hidroeléctricas cuyas instalaciones hidráulicas (presa o azud, toma, canal y otras) hayan sido construidas exclusivamente para uso hidroeléctrico.

Subgrupo b.5.2: Centrales hidroeléctricas que hayan sido construidas en infraestructuras existentes (presa, canales o conducciones) o dedicadas a otros usos distintos al hidroeléctrico.



Nuestra instalación entrará dentro del grupo b.4, ya que la potencia instalada no supera los 10 MW. Para realizar el estudio de viabilidad económica del aprovechamiento, elegiremos la opción de tarifa regulada.

Tarifa regulada: Orden IET/221/2013

- 8,6541 c€/kWh Para los primeros 25 años.
- 7,7887 c€/kWh A partir de 25 años.

Mercado. Primas de referencia. Orden IET /3353/2010

- 2,7047 c€/kWh primeros 25 años
- 1,4519 c€/kWh a partir de los 25 años

Límites de mercado:

- Superior: 9,2014 c€/kWh
- Inferior: 7,0414 c€/kWh

4. ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD

Para realizar la estimación de los distintos índices de rentabilidad mencionados anteriormente, se necesitan los datos de la inversión inicial (I_0), la energía generada disponible para vender (E_{anual}) y los ingresos (I_{anual}) y gastos (G_{anual}) anuales.

La inversión inicial (I_0), de las obras y equipos instalados, se calcula en el documento del presupuesto y tiene un valor de 830.404,10 €

El cálculo de energía producida (E_{anual}), se realiza como se expone en el Anexo 2; Elección de la turbina y cálculo de potencia, obteniendo una producción media de 1.265.784 kWh



Los ingresos anuales (I_{anual}) se calculan multiplicando la energía por el precio de venta de régimen especial, que según el Real Decreto ya mencionado es de 8,6541 c€/ KWh, y obtenemos:

$$I_{anual} = E_{anual} (KWh) \times 0,086541 \text{ €/KWh}$$

$$I_{anual} = 1.265.784 \times 0,086541 = 109.542,21 \text{ €}$$

Este valor de ingresos se actualizará anualmente con un IPC del 2,5%.

Los gastos de operación y mantenimiento anuales, se pueden aproximar del 2 al 5% del coste de la inversión, pero generalmente se calculan por la ecuación que aparece a continuación:

$$G_{anuales} = 450 \cdot \sqrt{Pot (KW)} = 450 \cdot \sqrt{421,928} = 9243,4 \text{ €/año}$$

Incluyendo el 21% de IVA tenemos: 11.184,51 €/año.

También se debe de actualizar anualmente con un IPC del 2,5 %. En la tabla del cálculo del VAN que se expone posteriormente (tabla 28), se observa este incremento.

4.1. Periodo simple de retorno

Es el tiempo aproximado en el que se recupera la inversión inicial, sin tener en cuenta medios de financiación externos ni las fluctuaciones de los precios.

Se calcula se la siguiente manera:

$$P.R. = \frac{I_o(\text{€})}{(I_{anuales} - G_{anuales}) \left(\frac{\text{€}}{\text{año}}\right)};$$

$$P.R. = \frac{830.404,10}{109.542,21 - 11.184,51} = 8,44 \text{ años}$$



El periodo de retorno en proyectos de minicentrales hidroeléctricas es generalmente de entre 7 a 12 años, por lo que nuestro resultado entra dentro de valores aceptados. Nuestro proyecto se amortizará, aproximadamente, entre los 8 y 9 años.

4.2. Índice de Energía

El índice de energía es el coste del KWh de energía eléctrica generada cada año y se obtiene dividiendo la inversión inicial entre la energía anual. Su unidad es el cent€/KWh.

$$I. E. = \frac{I_o(\text{€})}{E_{\text{anual}}(\text{KWh})} = \frac{830.404,10}{1.265.784} = 0,65\text{€}$$

El coste de la energía anual típico es entre 30 y 70 cent€/KWh. El resultado se encuentra en este rango de rentabilidad.

4.3. Índice de Potencia

El índice de potencia es el coste del KW de potencia instalado y se calcula dividiendo la inversión inicial entre la potencia instalada. Su unidad es el €/KW.

$$I. E. = \frac{I_o(\text{€})}{P_{\text{instalada}}(\text{KW})} = \frac{830.404,10}{421,928} = 1968,12 \text{ €/KW}$$

El coste de la potencia instalada de referencia se sitúa entre 1200 y 2000 €/KW, por lo que es rentable nuestro resultado.

4.4. Valor Actual Neto (VAN)

Se denomina VAN a la cantidad que, durante n años de vida útil del proyecto, con una tasa de interés i , generarían los beneficios de la central, descontando la inversión inicial de esta.



Para pequeñas centrales, como la que nos ocupa, lo normal es un período de vida de 30 años. En cualquier caso, esta estimación no afecta demasiado al VAN, puesto que éste depende fundamentalmente de los ingresos en los primeros años de funcionamiento.

La tasa de interés, es la parte más peligrosa de estimar, puesto que es difícil valorar la inflación de forma aproximada. Como valor meramente indicativo, calcularemos el VAN para diferentes valores, del 2,5%, del 5% y del 7,5%, (Tabla 2) no excesivamente altos teniendo en cuenta la tendencia a la baja de los últimos tiempos.

La fórmula que se utiliza para su cálculo es:

$$VAN = -I_o + \sum_{n=1}^n \frac{I_{anuales} - G_{anuales}}{(1 + i)^n}$$

Teniendo en cuenta que los ingresos y gastos aumentarán anualmente con un IPC estimado del 2,5% y suponiendo, para el ejemplo, un interés del 5%, la fórmula anterior queda así:

$$VAN = -830.404,10 + \frac{I_{año\ 1} - G_{año\ 1}}{1,05} + \frac{I_{año\ 2} - G_{año\ 2}}{1,05^2} + \dots + \frac{(I_{año\ 29} - G_{año\ 29})}{1,05^{29}} + \frac{(I_{año\ 30} - G_{año\ 30})}{1,05^{30}}$$

Si el proyecto tiene un VAN positivo, significa que la valoración de los flujos de caja es superior al desembolso inicial de la misma, por lo que el proyecto es rentable. Entre dos o más proyectos, el más rentable es el que tenga un VAN más alto.

En la Tabla 27 se recogen los ingresos y gastos estimados para los 30 años en los que se ha fijado la vida útil del proyecto, ya aplicado el IPC indicado, obteniendo así los flujos de caja anuales utilizados para el cálculo del VAN.

Se recogen de igual manera, en las siguientes columnas, el cálculo del VAN con los diferentes intereses supuestos, observando de esa manera a partir de qué año el VAN se vuelve positivo, y, por lo tanto, la inversión inicial queda amortizada por los beneficios obtenidos.



Anexos a la memoria. VIABILIDAD ECONÓMICA

Tabla 27: Flujo de caja para 30 años

AÑO	INGRESOS	GASTOS	FLUJO DE CAJA
1	109542,21	11184,51	98357,7
2	112280,7653	11464,12275	100816,6425
3	115087,7844	11750,72582	103337,0586
4	117964,979	12044,49396	105920,485
5	120914,1035	12345,60631	108568,4972
6	123936,9561	12654,24647	111282,7096
7	127035,38	12970,60263	114064,7773
8	130211,2645	13294,8677	116916,3968
9	133466,5461	13627,23939	119839,3067
10	136803,2097	13967,92038	122835,2893
11	140223,29	14317,11839	125906,1716
12	143728,8722	14675,04635	129053,8259
13	147322,094	15041,9225	132280,1715
14	151005,1464	15417,97057	135587,1758
15	154780,275	15803,41983	138976,8552
16	158649,7819	16198,50533	142451,2766
17	162616,0264	16603,46796	146012,5585
18	166681,4271	17018,55466	149662,8724
19	170848,4628	17444,01852	153404,4443
20	175119,6744	17880,11899	157239,5554
21	179497,6662	18327,12196	161170,5442
22	183985,1079	18785,30001	165199,8079
23	188584,7356	19254,93251	169329,8031
24	193299,354	19736,30582	173563,0481
25	198131,8378	20229,71347	177902,1243
26	203085,1337	20735,45631	182349,6774
27	208162,2621	21253,84271	186908,4194
28	213366,3186	21785,18878	191581,1299
29	218700,4766	22329,8185	196370,6581
30	224167,9885	22888,06396	201279,9246



Anexos a la memoria. VIABILIDAD ECONÓMICA

Tabla 18: Cálculo del VAN para 2,5%, 5% y 7,5% de interés.

Año	VAN 2,5%	VAN 5 %	VAN 7,5%
1	-734445,3683	-736730,1	-738908,5651
2	-638486,6366	-645286,4333	-651668,6365
3	-542527,9049	-556019,9968	-568486,379
4	-446569,1732	-468878,9517	-489173,0637
5	-350610,4415	-383812,6933	-413548,7398
6	-254651,7098	-300771,822	-341441,8263
7	-158692,978	-219708,1144	-272688,7228
8	-62734,24634	-140574,495	-207133,438
9	33224,48537	-63325,00937	-144627,2362
10	129183,2171	12085,20276	-85028,29966
11	225141,9488	85699,93364	-28201,40665
12	321100,6805	157561,9328	25982,37506
13	417059,4122	227712,9321	77645,98087
14	513018,1439	296193,6694	126906,6283
15	608976,8756	363043,913	173876,0828
16	704935,6073	428302,4841	218660,9115
17	800894,339	492007,2797	261362,7249
18	896853,0707	554195,2945	302078,4075
19	992811,8024	614902,6422	340900,3373
20	1088770,534	674164,5769	377916,5961
21	1184729,266	732015,5132	413211,1683
22	1280687,998	788489,0462	446864,1326
23	1376646,729	843617,9713	478951,8427
24	1472605,461	897434,303	509547,1012
25	1568564,193	949969,2934	538719,3244
26	1664522,924	1001253,451	566534,7
27	1760481,656	1051316,557	593056,3372
28	1856440,388	1100187,684	618344,4099
29	1952399,12	1147895,213	642456,2932
30	2048357,851	1194466,848	665446,6935



Según las tablas se puede ver en qué año aproximadamente la inversión se amortiza y comienza a ser rentable.

- Para una tasa de interés del 2,5% se obtiene un VAN total de 2.048.357,851€ para los 30 años de vida útil. Se amortizará entre los 8 y 9 años, coincidiendo con el periodo simple de retorno calculado (apartado 4.1).

- Para una tasa de interés del 5% se estima un VAN total de 1.194.466,848€ y se amortizaría entre los 9 y 10 años.

- Para una tasa de interés del 7,5% se tiene un VAN total de 665.446,6935€ y se amortizará entre los 11 y 12 años.

4.5. Tasa interna de rentabilidad (TIR)

Se denomina tasa interna de rentabilidad (TIR) a la tasa de retorno que hace que el VAN de una inversión sea igual a cero. Este método considera que una inversión es aconsejable si la TIR resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor, es decir, El TIR se puede tomar como la tasa de interés que el proyecto es capaz de proporcionar. Entre varias alternativas, la más conveniente será aquella que ofrezca una TIR mayor.

Se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$VAN = 0 \quad I_o = \sum_{n=1}^n \frac{I_{anuales} - G_{anuales}}{(1 + TIR)^n}$$

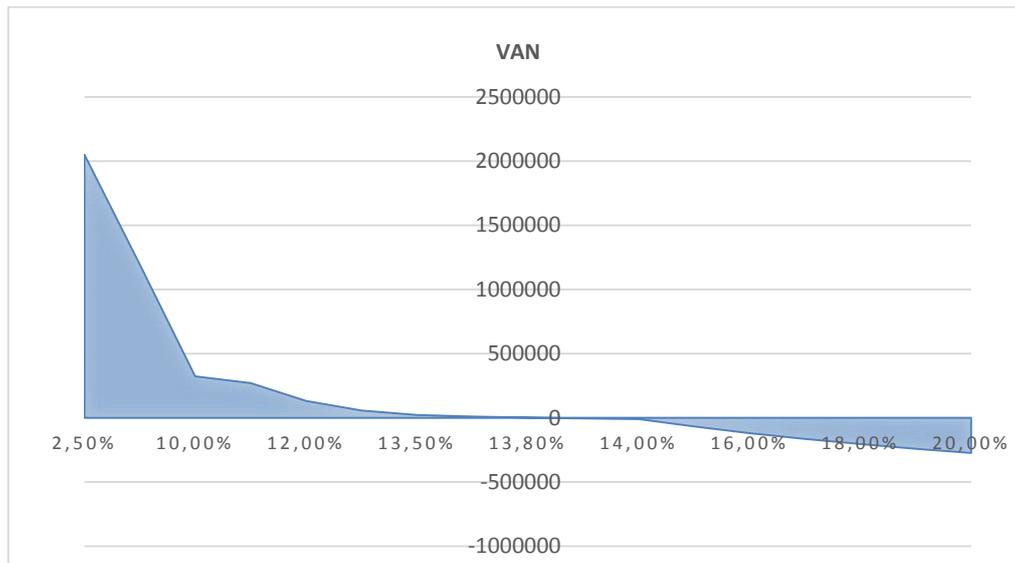
Este método para calcular la rentabilidad tiene mayor dificultad. Se realiza, generalmente, por iteración o interpolación lineal, aunque hoy en día, y en este caso, las hojas de cálculo facilitan esta estimación.

Se calcula, por tanto, una tasa interna de rentabilidad aproximada de 13,85 % para nuestra inversión a 30 años.

Se ha realizado una gráfica en la que se puede observar el valor del VAN para diferentes tasas de retorno y ver así, para cuál de ellas el VAN se vuelve 0.



Anexos a la memoria. VIABILIDAD ECONÓMICA



Gráfica 4: Tasa interna de Rentabilidad (TIR)

5. CONCLUSIONES

A la vista de los datos obtenidos en este estudio económico, se puede apreciar la interesante rentabilidad del proyecto a través de los diferentes marcadores calculados, que se mantienen todos dentro del rango admisible de viabilidad. Esta rentabilidad se justifica por la pequeña inversión inicial de 830.404,10€ compensada con los ingresos que se obtienen de la venta de electricidad.

La inversión se amortizará entre los 8 y 12 años, para cualquiera de las tasas de interés consideradas, siendo con la de 2,5% con la que tiene el mayor valor actual neto de 2.048.357,851 €. La Tasa interna de rentabilidad para el proyecto, estimando una vida útil de 30 años, es del 13,85%, mayor que el interés considerado, por lo que se reafirma su rentabilidad.

La principal razón de esta rentabilidad se debe a que, al instalar la central en un azud ya construido, y siendo una central fluyente, se elimina la necesidad de la gran obra civil, requiriendo únicamente de los canales de entrada y salida y del edificio, que puede llegar a suponer una inversión muy grande, especialmente en los casos de grandes presas.

También influye de manera significativa el hecho de que al ser una fuente de energía que se enmarca dentro del régimen especial disfrute de una prima en la venta de energía importante y por tanto se obtienen más ingresos por KWh que si se tratara de otro tipo de energía.

**ANEXO 4:
MINICENTRALES
HIDROELÉCTRICAS
EN
FUNCIONAMIENTO**



ÍNDICE

1- INTRODUCCIÓN	255
2- OBJETIVO	255
3. ANTECEDENTES.....	255
4. EJEMPLOS DE MINICENTRALES.....	256
4.1. Portodemouros.....	256
4.2. Murias	257
4.3. Huesna	258
4.4. Los Hurones	260
4.5. Virgen de las Viñas.....	261
4.6. Purón.....	262
4.7. Selga de Ordás	263
4.8. Sologoen	264
4.9. Lanzahita	265
4.10. Tambre III.....	267
4.11. Jerte	268
4.12. El Barco	269
4.13. Antella-Escalona.....	270
4.14. La Mella.....	271
4.15. Molino de Suso	272
4.16. Berberín	273
4.17. Barrera - Berri.....	274
4.18. Caldones.....	275



1- INTRODUCCIÓN

Se recogen a continuación diversos ejemplos de pequeñas centrales hidroeléctricas, de varios tipos, que ya están instaladas y en funcionamiento en diferentes lugares de España.

Se indica su ubicación y se describen sus características generales y datos técnicos más relevantes.

2- OBJETIVO

Se han estudiado las características de diferentes centrales minihidroeléctricas, como las mostradas en este apartado del documento, que ya están implantadas y operando correctamente en diferentes condiciones de salto, caudal y tipología, para completar partes del diseño y realizar la correcta elección de equipos en el ejemplo elaborado en este proyecto.

3. ANTECEDENTES

Como se indicó, en España se cuenta con una larga tradición en el uso de la energía hidráulica. Desde mediados del siglo XIX y principios del XX se crearon las bases para la generación de electricidad en las zonas rurales, con pequeñas centrales de ámbito local, y con la crisis energética de 1973 y 1979 se comenzó a dar mayor valor al importante papel de las centrales hidroeléctricas de pequeña potencia en el conjunto del sistema de producción energética y diversificar las fuentes de energía primaria que se utilizaban.

A mediados del siglo XX, el desarrollo tecnológico en el transporte de electricidad, de las líneas de alta tensión y de las nuevas tecnologías de obtención de energía mediante combustibles fósiles, fue desplazando el uso de minicentrales hasta llegar al abandono de las misma. Pero debido a los problemas medioambientales, las minicentrales, ya sean de nueva construcción o rehabilitadas, se plantean como una de las opciones más razonable y viable en la obtención de energía eléctrica.

4. EJEMPLOS DE MINICENTRALES

4.1. Portodemouros

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Presa de Portodemouros. Municipio Vila de Cruces

Provincia: Pontevedra

Río: Ulla

Tipología: Pie de presa, nueva construcción.

Concesionario: Generación Peninsular, S.L.

Año de puesta en marcha: 2004

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal: 15 m³/s

Salto: 9,24 m

Potencia instalada: 9.800 kW

Producción estimada: 47.910 MWh/año

Equipamiento: Una turbina Francis de eje vertical de potencia 9.749 kW acoplado a un generador síncrono trifásico de 9.559 kW y 6.000 V de tensión.



Figura 123: Minicentral Hidroeléctrica Portodemouros (Hygenet, 2016)



OBSERVACIONES

La nueva central se realiza entre junio de 2002 y noviembre de 2003 en el interior de la central ya existente, comenzando su nueva explotación en el año 2004, y se diseña para turbinar el caudal ecológico de la presa, que no podía ser aprovechado por la central existente ya que estaba fuera del rango de funcionamiento de sus grupos.

La toma se realiza por medio de la tubería forzada existente destinada al grupo II justo aguas arriba de la válvula de guarda. La turbina descarga mediante una tubería de acero que pasa de 2 m en el inicio hasta 3 m de diámetro en su parte final, terminando en el túnel de descarga de los grupos I y II, justo aguas abajo de las ataguías de aislamiento de estos grupos.

4.2. Murias

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Termino Municipal Aller

Provincia: Asturias

Río: Negro y Los Tornos

Tipología: Fluyente, nueva construcción

Concesionario: Hidroastur, S.A.

Año de puesta en marcha: 1992

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal: 3,5 m³/s

Salto: 220 m

Potencia instalada: 6.600 kW

Producción estimada: 18.900 MWh/año

Equipamiento: Dos Turbinas Pelton de 3.300 kW acopladas a dos generadores síncronos de 3.600 kVA (c/u) y tensión 6.000 V.



OBSERVACIONES

El caudal turbinado es captado de dos cauces distintos, ríos Negro y Los Tornos, por medio de dos azudes y canales de derivación, de 4.770 m y 2.570 m de longitud, que se unen en la cámara de carga, seguida de la tubería forzada, de 450 m de longitud y 1,1 m de diámetro, y finaliza en el edificio de la central. En este se albergan los dos grupos electromecánicos, el sistema eléctrico general y de control, los equipos auxiliares y el sistema de regulación y automatismo que controla el nivel de la cámara de carga para aprovechar al máximo el caudal disponible.

Las emisiones de CO₂ evitadas por esta central para un año medio se pueden cifrar en 7.031 toneladas, tomando como referencia una moderna central de ciclo combinado a gas natural, con un rendimiento del 54%.

4.3. Huesna

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Presa de Huesna. Municipio Constantina

Provincia: Sevilla

Río: Rivera de Huesna

Tipología: Pie de presa, nueva construcción

Concesionario: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir

Año de puesta en marcha: 1997

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal: 1,61 m³/s

Salto: 55 m

Potencia instalada: 900 kW

Producción estimada: 4.353 MWh/año

Equipamiento: Una turbina Francis de eje horizontal, con distribuidor regulable y 1000 r.p.m. acoplada a un generador síncrono trifásico de 900 kW y 660 V.



Figura 124: Minicentral Hidroeléctrica de Huesna (Hygenet, 2016)

OBSERVACIONES:

En 1996 la CHG y el IDAE firmaron un convenio de colaboración por el cual este Organismo se hacía cargo de la financiación y gestión del proyecto de la central de Huesna. Se construyó para aprovechar y turbinar el caudal que la presa del mismo nombre, propiedad de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG), evacua diariamente para satisfacer la demanda, abastecer al conjunto de poblaciones y para regadío, aprovechando de esta forma el salto existente.

La central está dotada de una tubería y una válvula de mariposa, que deriva el caudal desde la tubería de toma, de 2.300 mm de diámetro y 240 m de longitud, hasta el canal de restitución a modo de by-pass.

Se instaló un regulador de tensión que mantiene de forma automática y continua la tensión deseada en la red, para evitar las variaciones provocadas por las fluctuaciones de carga de la línea.

4.4. Los Hurones

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Presa de Los Hurones. Término Municipal Algar

Provincia: Cádiz

Río: Majaceite

Tipología: Pie de presa, rehabilitación y ampliación

Concesionario: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir

Año de puesta en marcha: 2002

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal: 12,5 m³/s

Salto: 33,9 – 48,9 m

Potencia instalada: 5.430 kW

Producción estimada: 12.450 MWh/año

Equipamiento:

- Dos turbinas Francis de eje horizontal a 750 rpm. puesta en marcha acopladas a sendos generadores síncronos de 900 kVA y 1.594 kVA.
- Una turbina Francis de eje vertical a 600 rpm. puesta en marcha acoplada a generador síncrono de 3.591 kVA.



Figura 125: Minicentral Hidroeléctrica Los Hurones (IDAE, 2006)

OBSERVACIONES

La presa está ubicada en el río Majaceite, que cuenta con un trasvase desde el río Guadairo, lo que hizo posible la ampliación del equipamiento de la central inicial. El proyecto consistió en la revisión y adaptación de los dos grupos existentes, ampliación de la central con un tercer grupo, renovación total de las instalaciones eléctricas y automatización de la central existente. Tras las obras, la presa cuenta con dos tomas de medio fondo que alimentan: una los Grupos I y II y la otra el Grupo III.

El Grupo I funciona con el caudal que va a alimentar la red de abastecimiento de la zona de Cádiz. Para asegurar este suministro de agua, la central posee un by-pass con capacidad para dar el total o parte del caudal, según si el grupo está parado o trabajando a carga parcial.

4.5. Virgen de las Viñas

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Finca Cantaburros. Municipio Aranda de Duero

Provincia: Burgos

Río: Duero

Tipología: Pie de presa, nueva construcción

Concesionario: IDAE

Año de puesta en marcha: 1995

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal: 24,5 m³/s

Salto: 8,5 m

Potencia instalada: 1.670 kW

Producción estimada: 6.600 MWh/año

Equipamiento: Una turbina Kaplan doble regulación, multiplicador cónico de relación 245,2/700 rpm. puesta en marcha y generador síncrono trifásico de 2.290 kVA.

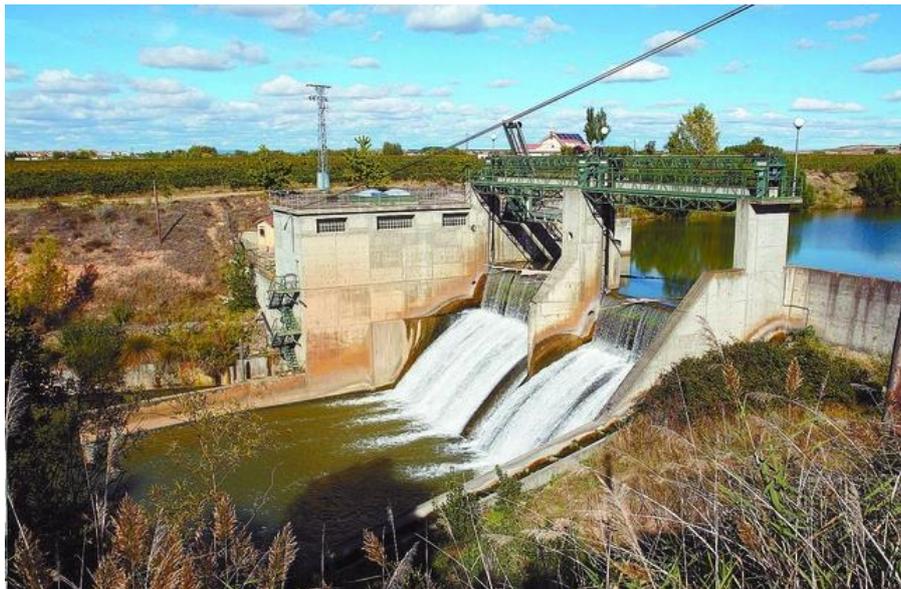


Figura 126: Minicentral Hidroeléctrica Virgen de las Viñas



OBSERVACIONES

Esta central se sitúa al pie de una presa de gravedad de 17 m de altura realizada para crear un salto y turbinar los caudales procedentes del río. El edificio de la central tiene varias plantas para albergar al grupo de generación y sus sistemas auxiliares. Tras el grupo, se dispone el conducto de aspiración y el canal de desagüe al río.

Cuenta con una escala de peces en la margen izquierda de 32,5 m y el diseño y la construcción de la instalación se realizaron respetando escrupulosamente el entorno natural.

4.6. Purón

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Purón. Término Municipal de Llanes

Provincia: Asturias

Río: Purón

Tipología: Fluyente, rehabilitación y ampliación

Concesionario: Excmo. Ayuntamiento de Llanes

Año de puesta en marcha: 2001

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal: 2,25 m³/s

Salto: 27,3 m

Potencia instalada: 413 kW

Producción estimada: 1.600 MWh/año

Equipamiento: Una turbina Francis de eje horizontal de 413 Kw acoplada a generador asíncrono de 480 kVA y 380 V.



OBSERVACIONES

La primera central fue creada en 1900 y en 1915 se realizó la primera concesión del aprovechamiento hidroeléctrico del río Purón. La actual es una remodelación y mejora de esta.

Consta de un azud del que parte un canal de 82 m de longitud. Finaliza en una balsa de remanso, de uso compartido para la central y una piscifactoría. De dicha balsa parte el canal de derivación durante 1km hasta la cámara de carga, de donde parte la tubería forzada de 71 m.

Existe un caudal ecológico de 115 l/s que durante los meses de noviembre, diciembre y enero se duplica para favorecer la freza de las truchas.

4.7. Selga de Ordás

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Presa Selga de Ordás. Santa María de Ordás

Provincia: León

Río: Luna

Tipología: Pie de presa, nueva construcción

Concesionario: IDAE

Año de puesta en marcha: 1999

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal: 2 - 6 m³/s

Salto: 8,5 - 5,8 m

Potencia instalada: 450 kW

Producción estimada: 2.000 MWh/año

Equipamiento: Una turbina Kaplan de eje vertical, doble regulación de 450 kW acoplada mediante multiplicador a generador síncrono de 450 Kw a 380 V.



Figura 127: Minicentral Hidroeléctrica Selga de Ordás



Figura 128: Equipamiento Minicentral Selga de Ordás

OBSERVACIONES

Esta central se encuentra ubicada en la presa de gravedad creada para ser el contraembalse del embalse de Barrios de Luna, situado 19 Km aguas arriba, para el abastecimiento de aguas a León y para riego. Aprovecha el agua desembalsado por dicha presa, impuesto por la Confederación con vigilancia de la cota del nivel del embalse, realizando la toma en el estribo del margen derecho sin afectar a la Acequia de La Plata.

Consta de una tubería de by-pass que deriva el caudal de la tubería de toma y que desagua en el canal de restitución. La central turbinada en cada momento el caudal.

La acometida al centro de transformación se realiza desde la nueva línea eléctrica aérea que une el pueblo de Selga de Ordás y la central, con una longitud de 241 m.

4.8. Sologoen

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Municipio de Soraluze.

Provincia: Guipúzcoa

Río: Deba

Tipología: Fluyente

Año de puesta en marcha: 1991



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal: 5 m³/s

Salto: 9,7 m

Potencia instalada: 425 kW

Producción estimada: 800 MWh/año

Equipamiento: Una turbina Kaplan de eje vertical de 400 kW acoplada a un generador asíncrono de 425 kW, en paralelo con la red a 13,2 kV.

OBSERVACIONES:

En 1991 se construyó un nuevo edificio y se instaló todo el equipamiento electromecánico nuevo realizando así la rehabilitación de la central existente.

Dicha central posee una instalación solar fotovoltaica con una potencia de 20 Kw que entró en funcionamiento en enero de 2012.

4.9. Lanzahita

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Municipio de Lanzahita

Provincia: Ávila

Río: Garganta de la Eliza

Tipología: Pie de presa, nueva construcción

Concesionario: Excmo. Ayuntamiento de Lanzahita

Año de puesta en marcha: 1996

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal: 2,1 m³/s

Salto: 108,8 m

Potencia instalada: 1.970 kW

Producción estimada: 5.000 MWh/año

Equipamiento: Una turbina Francis de eje horizontal, cámara espiral de potencia 1.970 kW acoplado a un generador asíncrono trifásico de 1970 kW y 6.000 V de tensión.



Figura 129: Minicentral Hidroeléctrica de Lanzahita.

OBSERVACIONES

La central realiza el aprovechamiento hidroeléctrico de la presa de la Garganta de La Eliza, construida para el abastecimiento de agua al pueblo de Lanzahita.

Se realiza la toma en la margen derecha de la presa, mediante una tubería forzada de 1 m de diámetro y 1.280 m de longitud, enterrada en su mayor parte, que llega hasta el edificio de la central.

Todos los sistemas de control, eléctricos y transformación se encuentran en el interior de la central para favorecer la integración entre la central y su entorno y así respetar al máximo el medio ambiente.



4.10. Tambre III

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: T.M. Brión

Provincia: La Coruña

Río: Tambre

Tipología: Pie de presa, nueva construcción

Concesionario: Generación Peninsular, S.L.

Año de puesta en marcha: 2002

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal: 27,3 m³/s (22,3 + 5)

Salto: 33,37 – 37,94 m

Potencia instalada: 8.430 kW

Producción estimada: 20.830 MWh/año

Equipamiento:

Grupo A: Turbina Kaplan, eje vertical de potencia 6.761 Kw acoplado a generador síncrono trifásico de 8.200 kW y 6.000 V de tensión.

Grupo B: Turbina Francis, eje horizontal de potencia 1.671 kW acoplado a generador síncrono trifásico de 1.787 kW y 6.000 V de tensión.

OBSERVACIONES

La central está ubicada en el canal del valle de Tambre, justo tras la Presa Barrié de la Maza. La toma aprovecha las dos tuberías existentes en el cuerpo de la presa, que se unen y desembocan en la turbina principal (Grupo A) y tras ser turbinada vierten al canal que abastece a la central de Tambre I.

Cuando este grupo no se encuentre operativo, se instaló un by-pass, mediante una válvula de chorro hueco, para permitir el funcionamiento de la central de Tambre I. La otra válvula de la que dispone, vierte directamente a río.

4.11. Jerte

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Presa de Plasencia. Término Municipal de Plasencia

Provincia: Cáceres

Río: Jerte

Tipología: Pie de presa, nueva construcción

Concesionario: Naturener, S.A.

Año de puesta en marcha: 2002

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal: 23 m³/s

Salto: 18,5 – 27,5 m

Potencia instalada: 5.415 kW

Producción estimada: 12.000 MWh/año

Equipamiento:

Grupo I Turbina Francis horizontal de potencia 2.633 kW ($q = 11 \text{ m}^3/\text{s}$)

Grupo II Turbina Francis horizontal de potencia 1.680 kW ($q = 7 \text{ m}^3/\text{s}$)

Grupo III Turbina Francis horizontal de potencia 962 kW ($q = 4 \text{ m}^3/\text{s}$)

Grupo IV Turbina Mitchell-Banki, flujo cruzado, de potencia 140 kW ($q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$)



Figura 130: Minicentral Hidroeléctrica Jerte



OBSERVACIONES

La central hidroeléctrica de Jerte se sitúa en la presa de Plasencia, aprovechando de esta manera el salto originado por ella. El edificio de la central recoge a los cuatro grupos turbogeneradores, el sistema eléctrico y de control.

La línea eléctrica de conexión va desde la subestación hasta la línea de derivación y tiene una longitud aproximada de 350 m.

4.12. El Barco

IDENTIFICACIÓN

Ubicación:

Municipio Fuenmayor

Provincia: La Rioja

Río: Ebro

Tipología:

Fluyente, nueva construcción

Concesionario:

Hidroeléctrica El Barco, S.L.

Año de puesta en marcha: 2004

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal: 100 m³/s

Salto: 3,80 m

Potencia instalada: 3.200 kW

Producción estimada: 11.980 MWh/año

Equipamiento: Dos turbinas Semi-Kaplan de eje vertical de 1.600 kW, acopladas mediante sendos multiplicadores a dos generadores asíncronos de 1.600 kW (c/u).



OBSERVACIONES

Esta central se sitúa junto a un antiguo molino harinero, respetándose el mismo y aprovechando el azud de derivación existente, por el que discurre el caudal ecológico de 10 m³/s, apropiado a la conservación de los procesos ecológicos e hidrológicos de la zona. De igual forma, se instala una escala para peces junto al edificio.

Esta central ha sido una de las primeras centrales de Europa que logra y utiliza, desde que fue construida, con la norma ISO 14001, que documenta el establecimiento de un Sistema de Gestión Medioambiental.

4.13. Antella-Escalona

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Presa de Antella. Término Municipal Antella

Provincia: Valencia

Río: Júcar

Tipología: Fluyente, nueva construcción

Concesionario: Hidroeléctrica de Antella-Escalona, S.L.

Año de puesta en marcha: 1997

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal: 40 m³/s

Salto: 9-11 m

Potencia instalada: 3.936 kW

Producción estimada: 20.000 MWh/año

Equipamiento: Dos Turbinas Kaplan de eje vertical, doble regulación, acopladas mediante sendos multiplicadores (que elevan la velocidad de giro de 210 rpm, puesta en marcha a 7560 rpm, puesta en marcha) a dos generadores síncronos trifásicos de 1.986 kW (c/u).

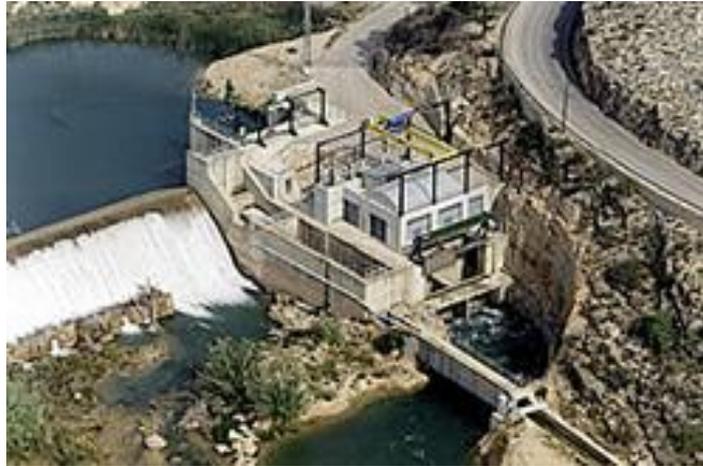


Figura 2: Minicentral Hidroeléctrica Antella-Escalona (Hygenet, 2016)

OBSERVACIONES

Esta central hidroeléctrica se ubica a unos 3 km aguas abajo de la conocida Presa de Tous. Su toma de agua se sitúa en la parte izquierda de la presa actual de Antella-Escalona, de 9 m de altura. Se instala un sistema de compuertas con by-pass para mantener el caudal de riegos aguas abajo (Acequia Real del Júcar) y el ecológico, en caso de parada de la central. Su diseño se realiza para que el edificio quede integrado como una prolongación del mismo azud, y así minimizar el impacto visual.

Se prevé que la presa de Antella se convierta en el contraembalse de la futura central hidroeléctrica de la presa de Tous, por lo que se añadiría 1,9 m aproximadamente, con lo que el nivel del agua variaría, habiéndolo tenido en cuenta en el diseño y equipamiento de la central actual.

4.14. La Mella

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Municipio de Zalla. Antigua Ferrería de La Mella.

Provincia: Vizcaya

Río: Cadagua

Tipología: Rehabilitación ferrería

Año de puesta en marcha: 1990



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal: 4 m³/s

Salto: 11,62 m

Potencia instalada: 360 kW

Producción estimada: 1.400 MWh/año

Equipamiento: Dos turbinas Francis acopladas a generadores asíncronos y en paralelo con la red 13,2 kV.

OBSERVACIONES:

La Central se automatizó en el año 1990. Se han instalado los generadores y los cuadros eléctricos nuevos y se han reparado las turbinas antiguas.

4.15. Molino de Suso

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Municipios de Labastida y Haro (estribo derecho presa)

Provincia: Álava y La Rioja, respectivamente.

Río: Ebro

Tipología: Fluyente, nueva construcción

Concesionario: Centrales Eléctricas J.R., S.L.

Año de puesta en marcha: 2002

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal: 100 m³/s

Salto: 3,78 m

Potencia instalada: 3.280 kW

Producción estimada: 11.000 MWh/año



Equipamiento: Dos turbinas Semikaplan de eje vertical de 1640 kW, acopladas mediante multiplicadores de 2.300 kVA, a dos generadores síncronos de 2.220 kVA y 6.000 V de tensión.



Figura 3: Minicentral Hidroeléctrica Molino de Suso

OBSERVACIONES

Esta central se ubica en el río Ebro, el más caudaloso de España y tiene instalado un sistema de compuertas móviles denominado “Presa Inflable”, que se basa en una membrana tubular de caucho y nylon de 1,6 m de altura unida al azud de hormigón, cuya función es regular el nivel del agua del embalse. En caso de avenida, la presa se desinfla completamente en un tiempo de 16 minutos.

En la parte izquierda del azud se establece la escala de peces para facilitar el remonte de las especies migratorias.

El caudal ecológico se ha establecido en $11 \text{ m}^3/\text{s}$, que se reparte entre el que circula por la escala de peces y el que vierte por encima de la presa inflable.

4.16. Berberín

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Acequia de Berberín. T.M. Calasparra

Provincia: Murcia

Río: Segura

Tipología: Fluyente, nueva construcción

Concesionario: Hidroeléctrica de Calasparra, S.A.

Año de puesta en marcha: 2006 (en pruebas)



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal: 36 m³/s

Salto: 7,73 m

Potencia instalada: 2,334 kW

Producción estimada: 9,250 MWh/año

Equipamiento: Tres turbinas Semikaplan de eje vertical de 12 m³/s y 813,2 kW (c/u) acopladas directamente a tres alternadores síncronos de 778 Kw y tensión de generación 660 V.

OBSERVACIONES

La central turbinada el caudal del río Segura, derivado desde la presa de Rotas hasta la acequia de Berberín, cuyo principal uso es el regadío. Se aprovecha el azud existente, demoliendo la parte derecha en la que se instala el canal de toma de la central, de 1.414 m de longitud y sección rectangular de 7,5 x 3,2 m aproximadamente. Este conduce el caudal hasta la cámara de carga, dotada de un aliviadero lateral, que se ensancha y alimenta los tres grupos, regulados por compuertas.

La energía eléctrica generada es vertida a la red de distribución mediante línea aérea de 20 kV.

4.17. Barrena - Berri

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Municipio de Elgoibarz.

Provincia: Guipúzcoa

Río: Deba

Tipología: Rehabilitación

Año de puesta en marcha: 1991

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal: 7 m³/s

Salto: 9,61 m



Potencia instalada: 621 kW

Producción estimada: 2250 MWh/año

Equipamiento: Una turbina Kaplan de eje horizontal de 621 kW, acoplada a un generador síncrono de 781 Kva y en paralelo con la red a 30 kV.

OBSERVACIONES:

La Central se rehabilitó en el año 1991, instalándose todo el equipamiento electromecánico nuevo y construyendo un nuevo edificio y el canal de salida.

4.18. Caldones

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: Caldones, Gijón.

Provincia: Asturias

Río: Conducción de Los Arrudos (**Abastecimiento de aguas** de Gijón).

Tipología: Fluyente, remodelación.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal: 0,3 m³/s.

Salto: 175 m.

Potencia instalada: 0,5 MW.

Producción estimada: 2.600 MWh/año

Equipamiento: Turbina Pelton.

OBSERVACIONES:

Esta minicentral se realizó mediante la rehabilitación de la conducción de “Los Arrudos”, siendo esta instalación destinada al abastecimiento de agua a la ciudad de Gijón



VNIVERSIDAD
D SALAMANCA



UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ÁVILA

- INGENIERÍA CIVIL -

DISEÑO DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS.

MODELO DE APROVECHAMIENTO EN EL RÍO BERNESGA (LEÓN).

Documento 2: PLANOS

Autor: REBECA DÍAZ MUÑOZ

Tutor: Dr. Pedro Huerta Hurtado



ÍNDICE DE PLANOS

Plano nº 1: PLANO DE SITUACIÓN

Plano nº 2: MINICENTRAL. VISTA GENERAL

Plano nº 3: PERFILES TRANSVERSALES

Plano nº 4: CANALES

Plano nº 5: CANAL DE ENTRADA

Plano nº 6: CANAL DE SALIDA

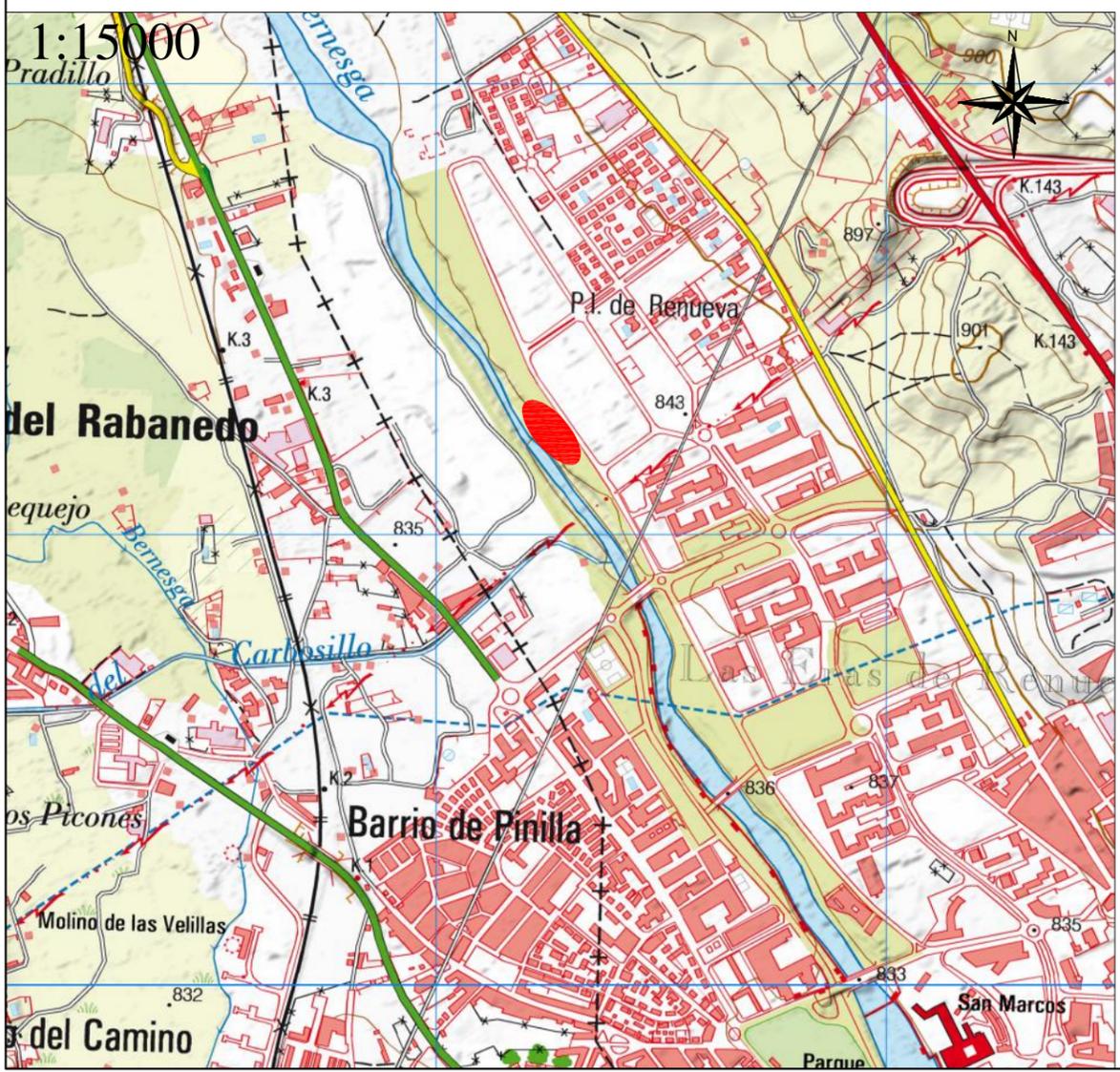
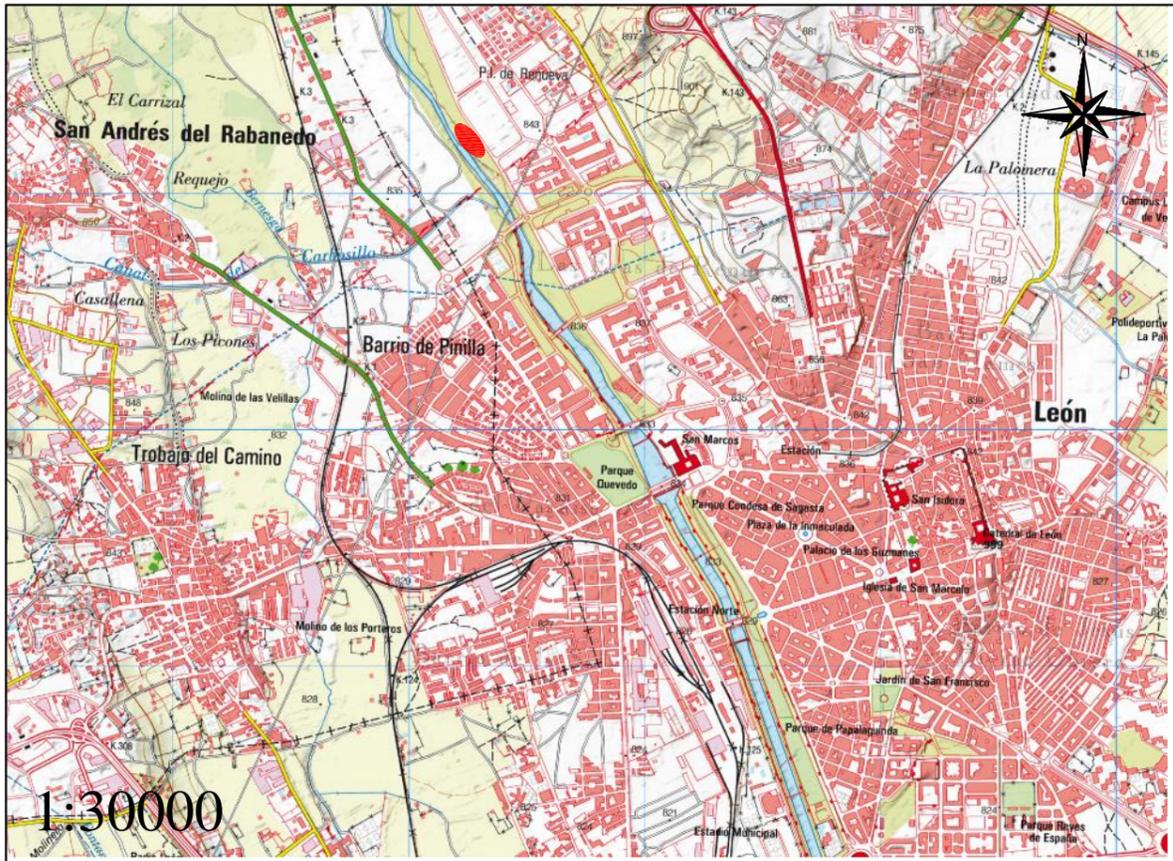
Plano nº 7: CANAL DE SALIDA. DETALLES

Plano nº 8: CÁMARA DE TURBINA. VISTA GENERAL

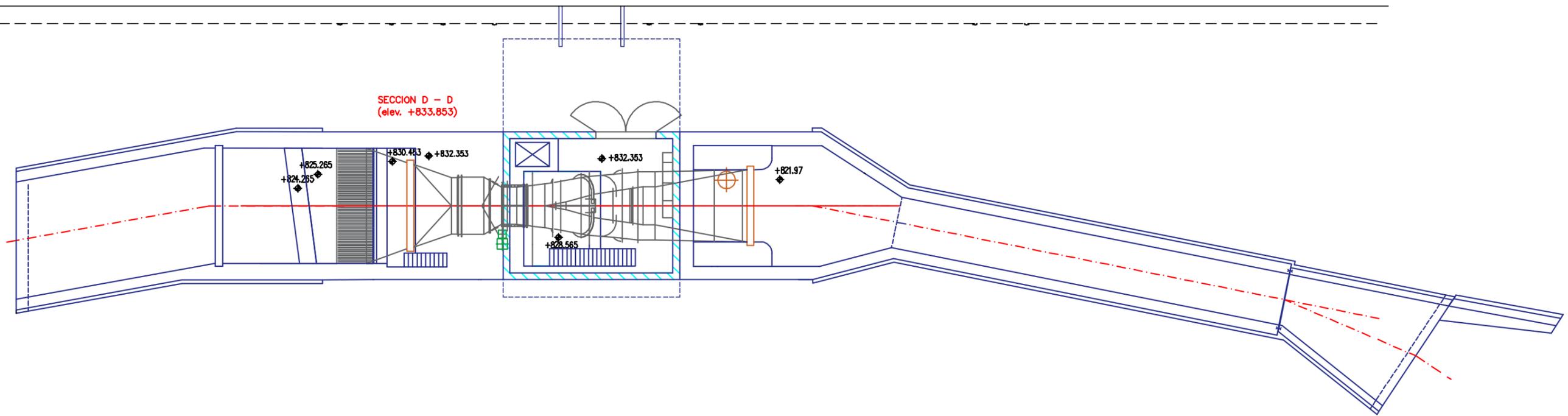
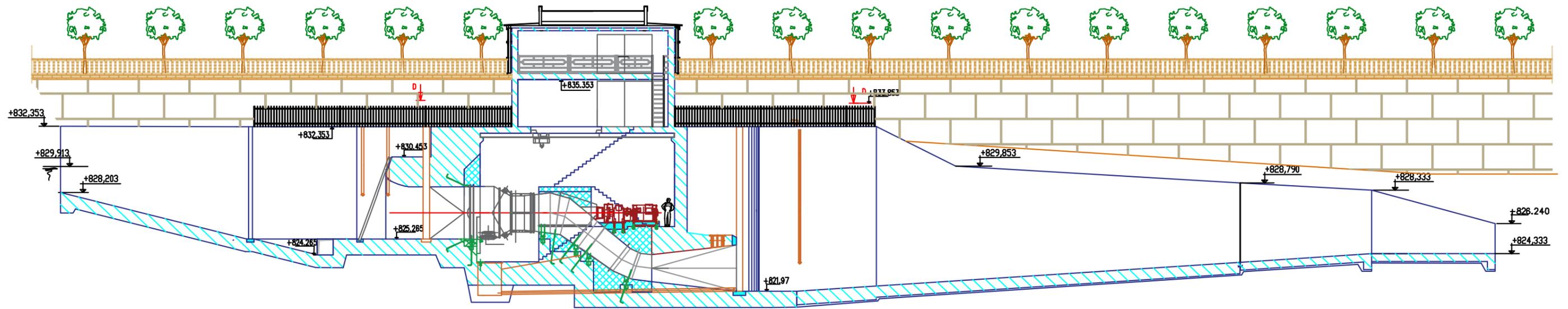
Plano nº 9: CÁMARA DE TURBINA. CIMENTACIÓN I

Plano nº 10: CÁMARA DE TURBINA. CIMENTACIÓN II

Plano nº 11: CÁMARA DE TURBINA. DETALLES

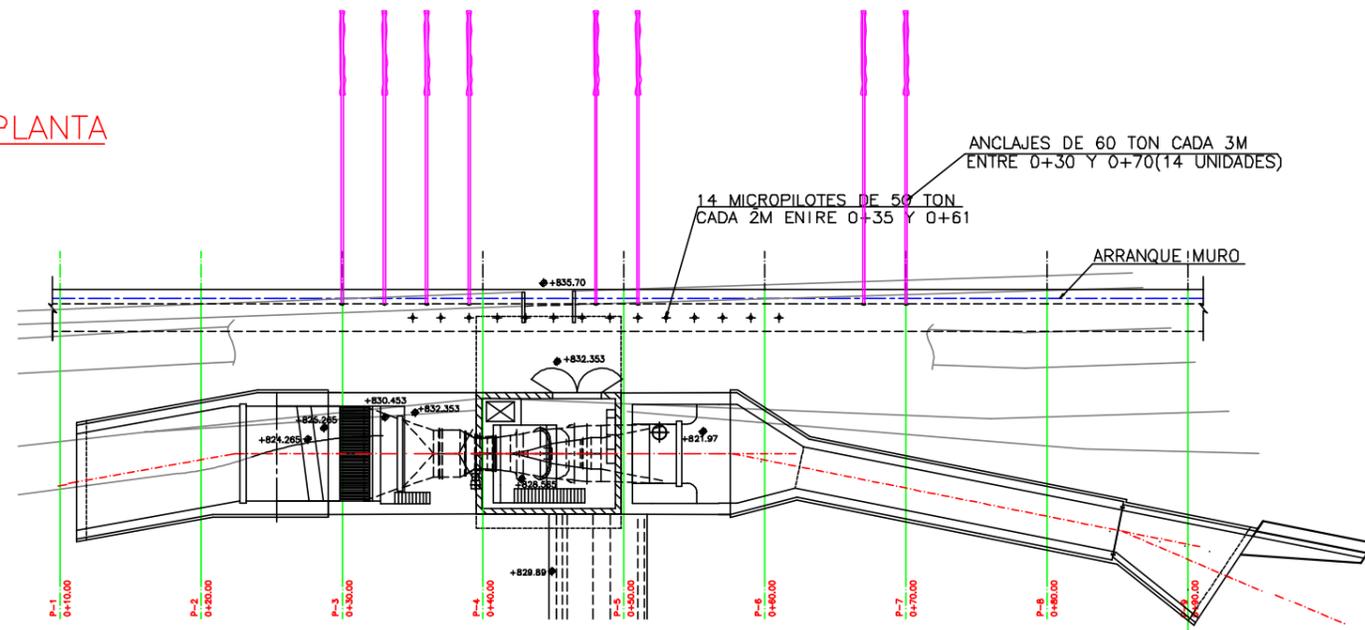


 UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	Proyecto: DISEÑO DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS. Modelo de aprovechamiento en el río Bernesga (León).	
	Plano N° 1	Plano de Situación
ESCALA 1:30000 1:15000 1:2500	Titulación: INGENIERÍA CIVIL	
Autor: REBECA DÍAZ MUÑOZ		Tutor: Dr. Pedro Huerta

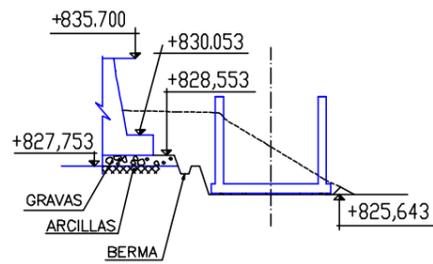


Proyecto:	DISEÑO DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS. Modelo de aprovechamiento en el río Bernesga (León).		
Plano N° 2	Minicentral. Vista general	Fecha: Marzo 2016	
ESCALA	Titulación: INGENIERÍA CIVIL		
1:250	Autor: REBECA DÍAZ MUÑOZ	Tutor: Dr. Pedro Huerta	

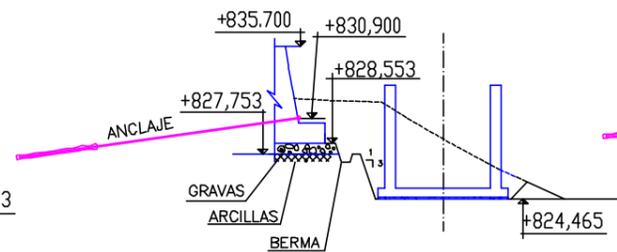
PLANTA



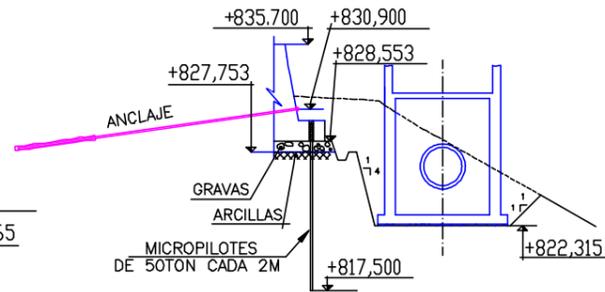
P-2 (0+20.000)



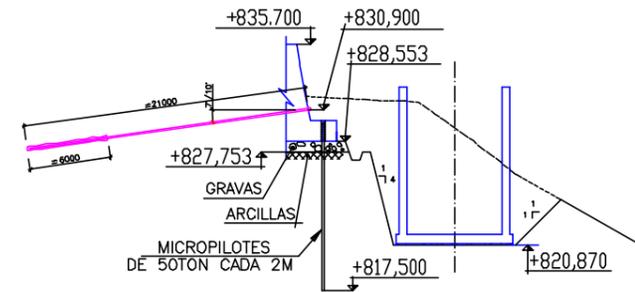
P-3 (0+30.000)



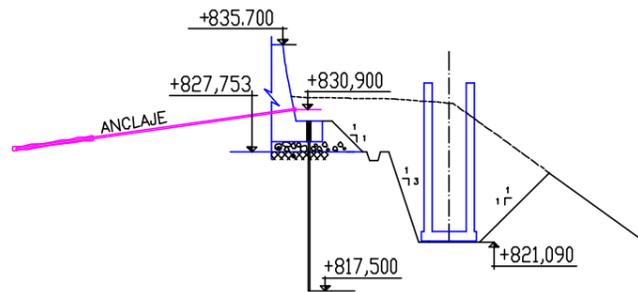
P-4 (0+40.000)



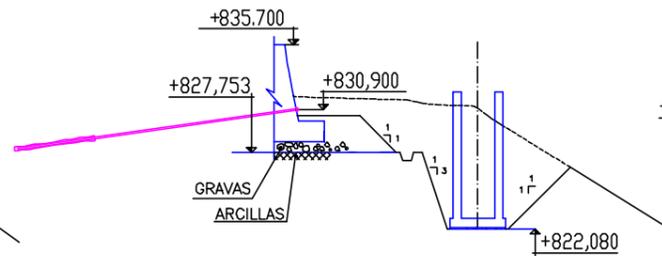
P-5 (0+50.000)



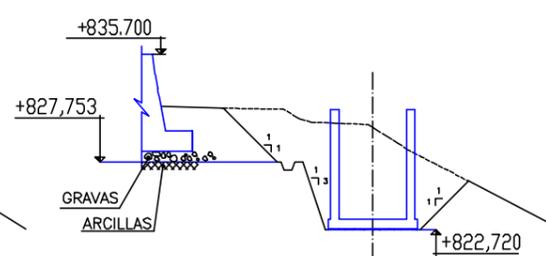
P-6 (0+60.000)



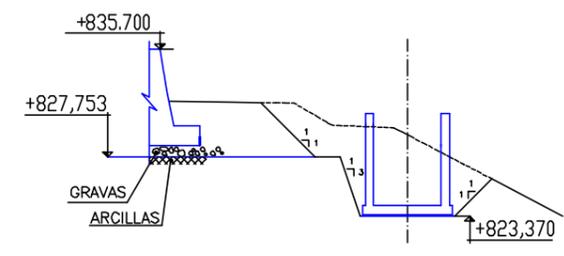
P-7 (0+70.000)



P-8 (0+80.000)

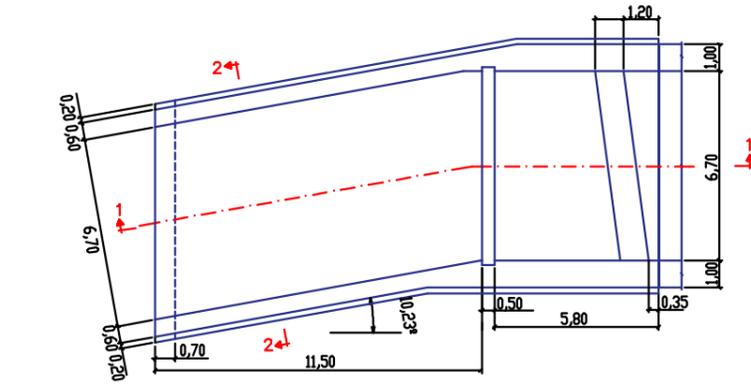


P-9 (0+90.000)

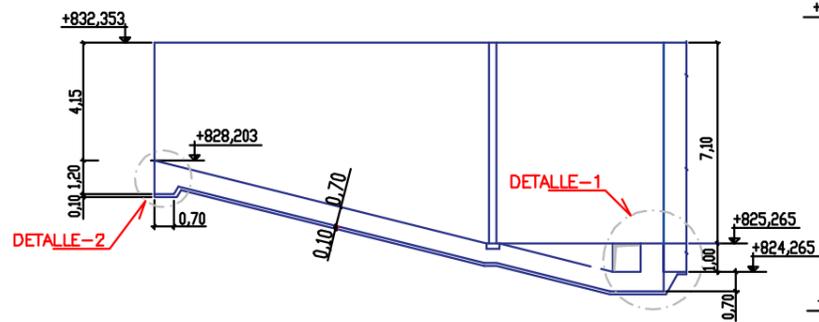


Proyecto:	DISEÑO DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS. Modelo de aprovechamiento en el río Bernesga (León).		
Plano N° 3	Perfiles Transversales	Fecha: Marzo 2016	
ESCALA	Titulación: INGENIERÍA CIVIL		
1:500	Autor: REBECA DÍAZ MUÑOZ	Tutor: Dr. Pedro Huerta	

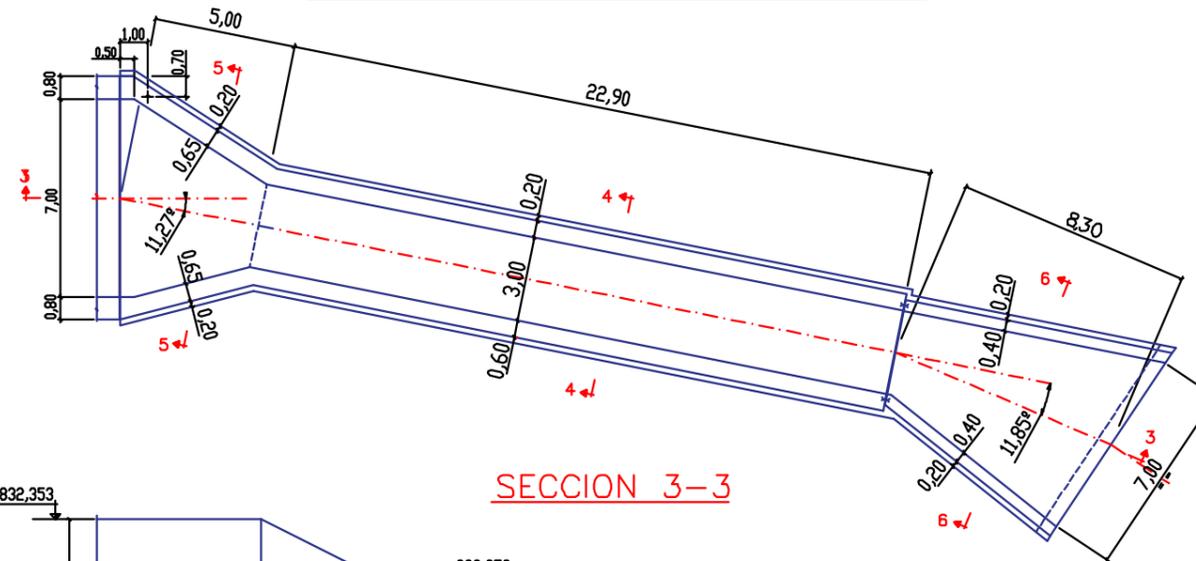
PLANTA CIMENTACION CANAL ENTRADA



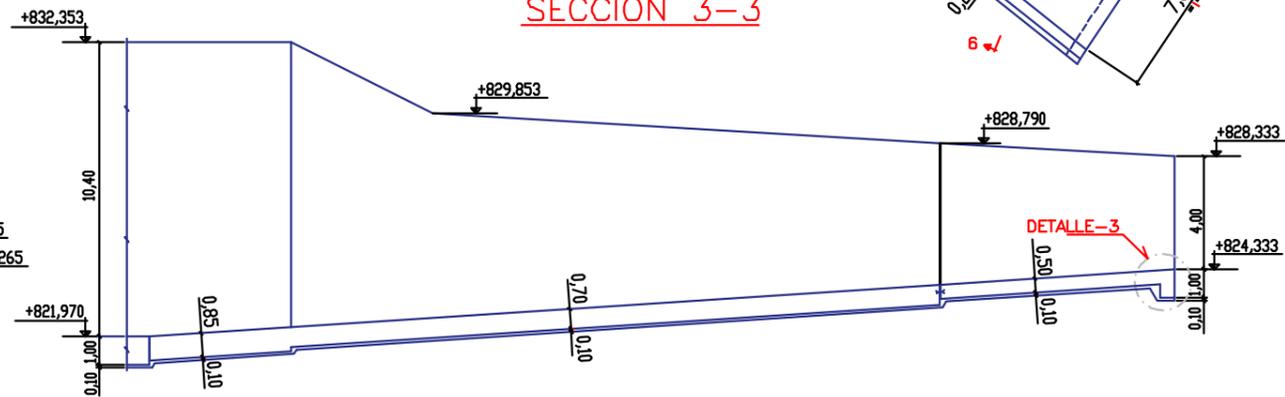
SECCION 1-1



PLANTA CIMENTACION CANAL SALIDA

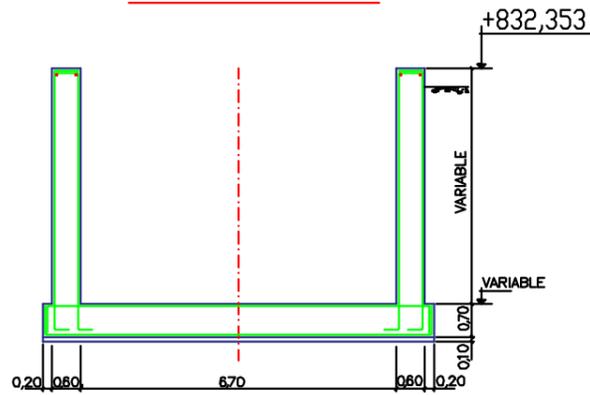


SECCION 3-3

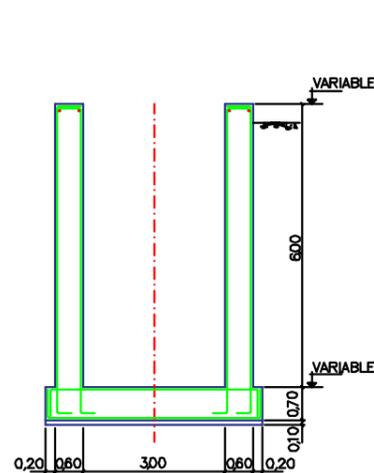


Escala 1:250

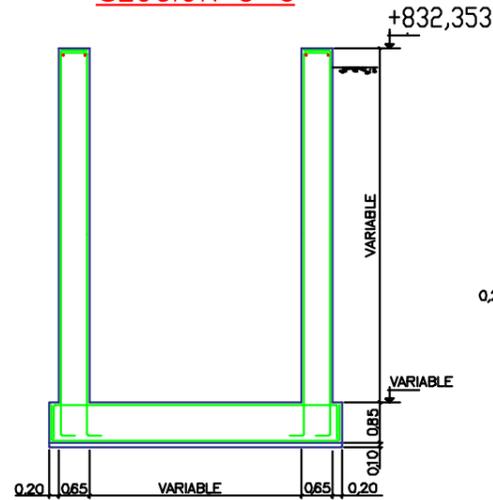
SECCION 2-2



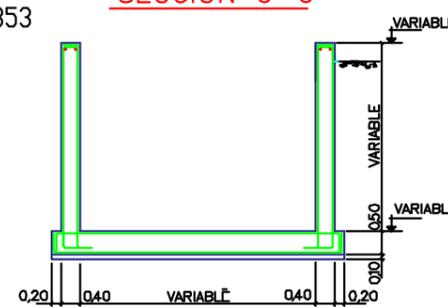
SECCION 4-4



SECCION 5-5



SECCION 6-6



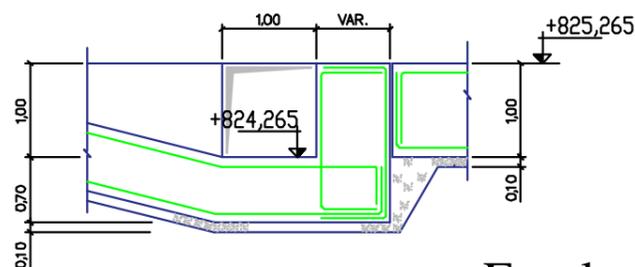
Escala 1:150

COEFICIENTE	NIVEL DE CONTROL	CORRECCION	COEFICIENTE FINAL
VALOR MEDIO $\gamma_s = 1.15$	Acero controlado mediante ensayos sistematicos.	---	1.15
VALOR MEDIO $\gamma_c = 1.50$	El hormigon es objeto de control de resistencia mediante probetas.	---	1.50
VALOR MEDIO $\gamma_f = 1.60$	Control de ejecucion NORMAL Los danos previsibles son de tipo medio	---	1.60

HORMIGONES: HA-25-I-Ia
RECUBRIMIENTO 35mm.

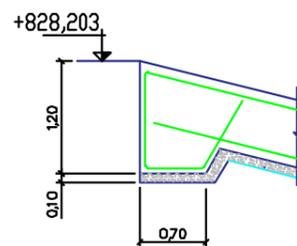
ACERO
B 500 S

DETALLE-1

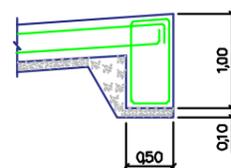


Escala 1:75

DETALLE-2

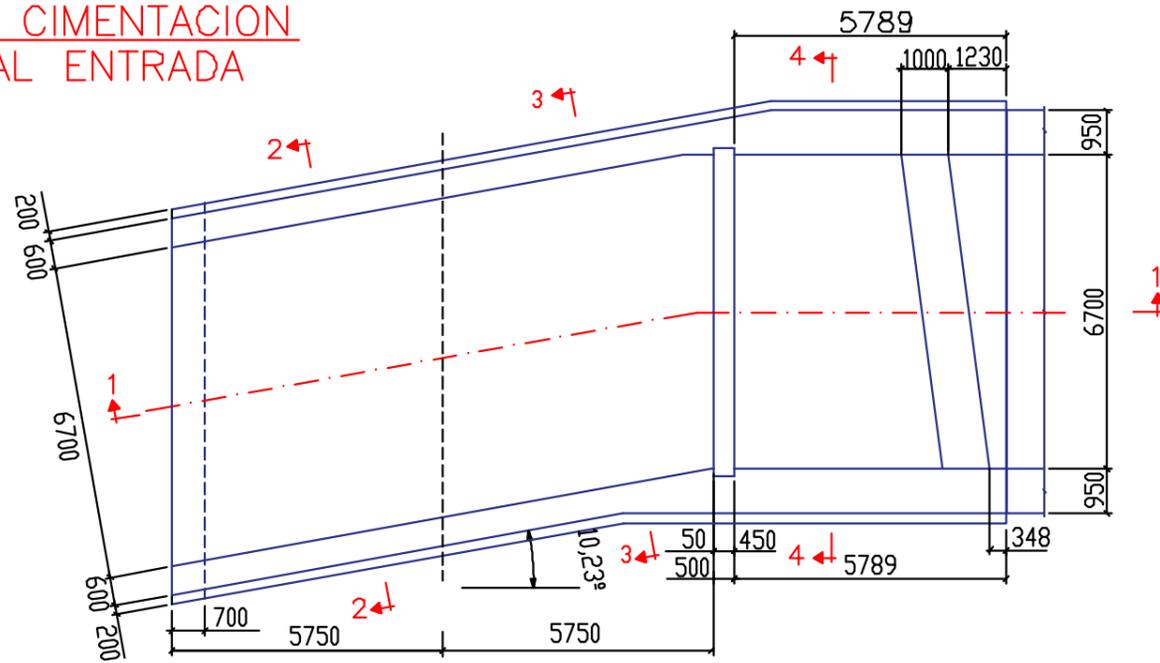


DETALLE-3

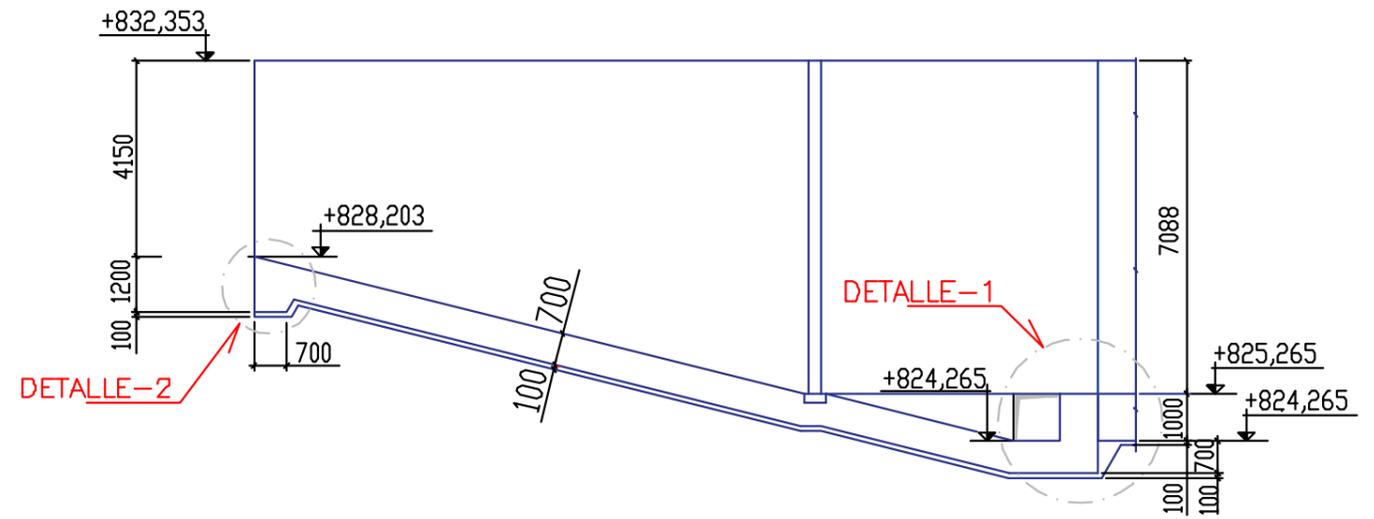


Proyecto:	DISEÑO DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS. Modelo de aprovechamiento en el río Bernesga (León).		
Plano N° 4	Canales	Fecha: Marzo 2016	
ESCALA 1:250 1:150 1:75	Titulación: INGENIERÍA CIVIL		Autor: REBECA DÍAZ MUÑOZ
			Tutor: Dr. Pedro Huerta

**PLANTA CIMENTACION
CANAL ENTRADA**

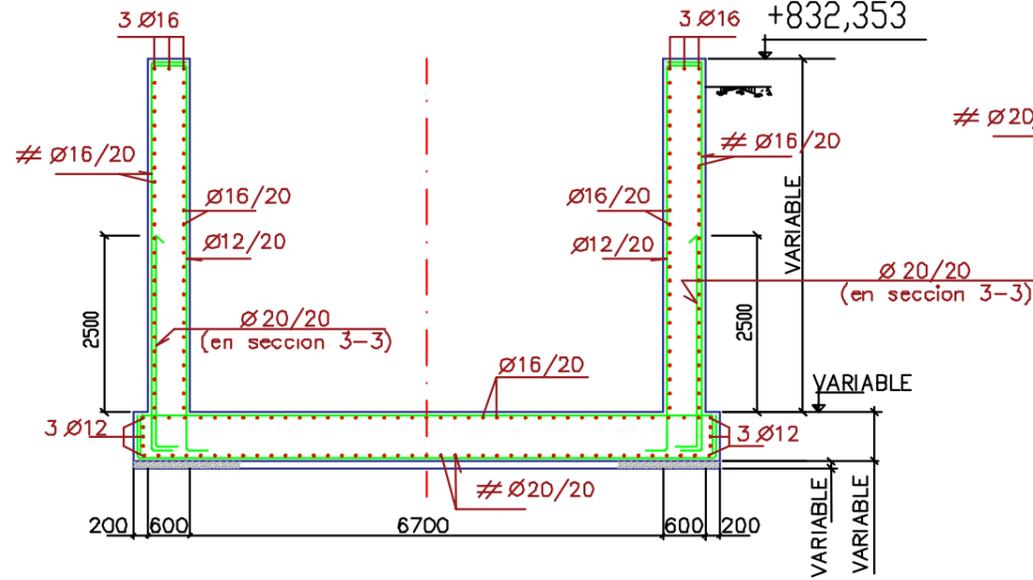


SECCION 1-1

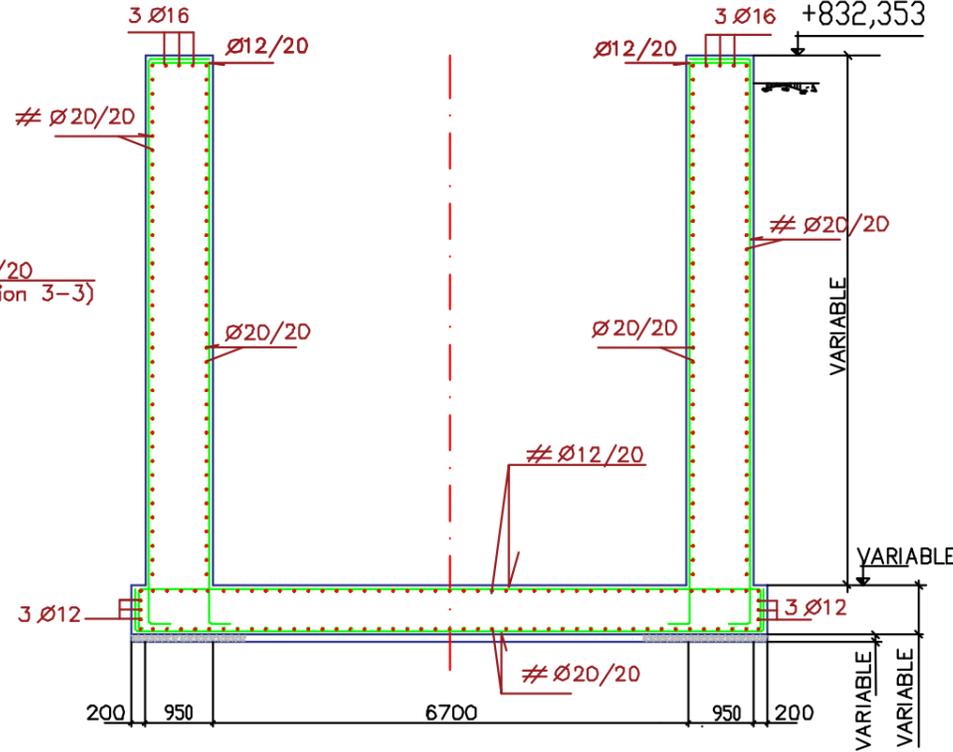


Escala 1:150

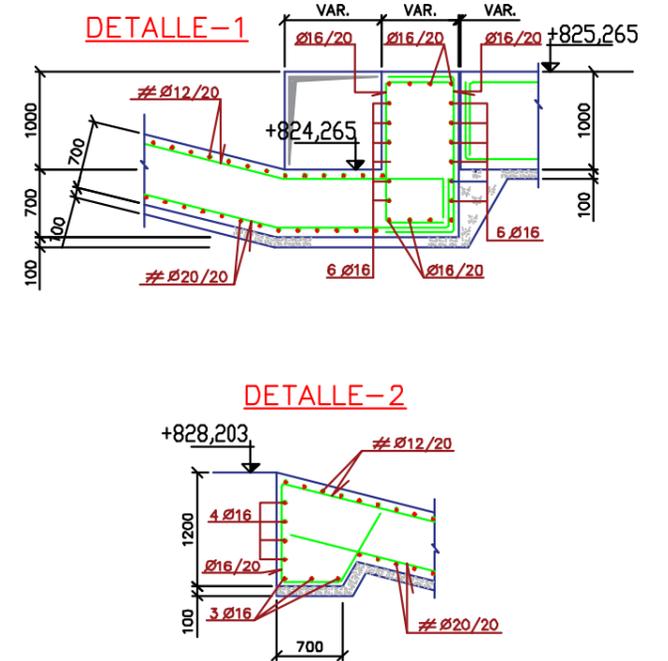
SECCION 2-2 y 3-3



SECCION 4-4



Escala 1:100



Escala 1:75

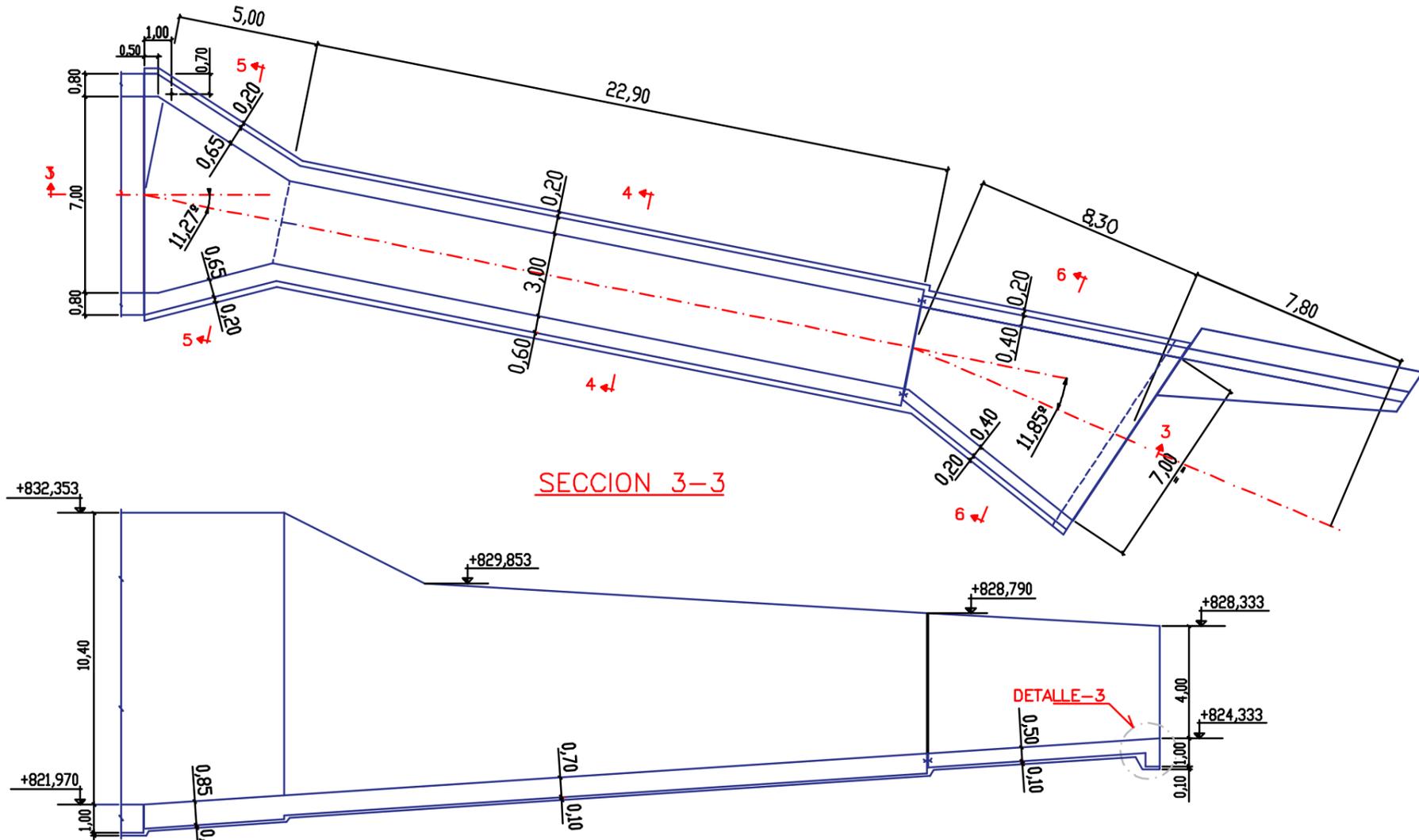
COEFICIENTE	NIVEL DE CONTROL	CORRECCION	COEFICIENTE FINAL
VALOR MEDIO $\gamma_s = 1.15$	Acero controlado mediante ensayos sistematicos.	—	1.15
VALOR MEDIO $\gamma_c = 1.50$	El hormigon es objeto de control de resistencia mediante probetas.	—	1.50
VALOR MEDIO $\gamma_f = 1.60$	Control de ejecucion NORMAL Los danos previsibles son de tipo medio	—	1.60
HORMIGONES: HA-25-IIa RECUBRIMIENTO 35mm.		ACERO B 500 S	



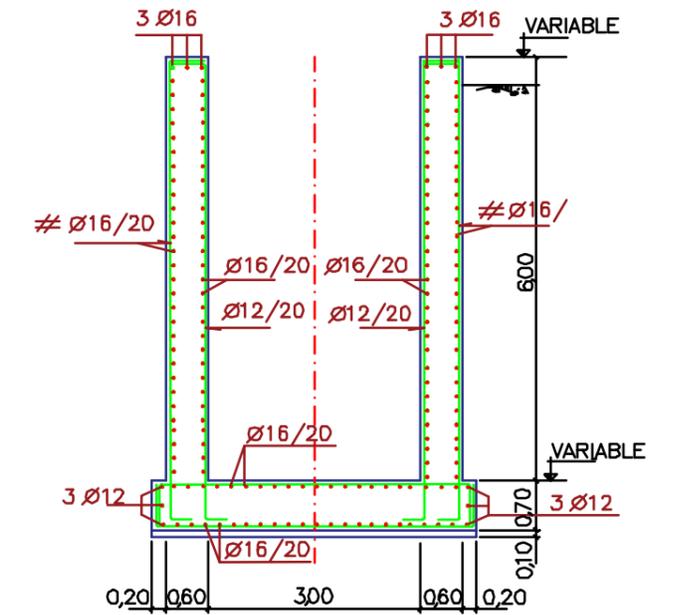
Proyecto: DISEÑO DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS. Modelo de aprovechamiento en el río Bernesga (León).	
Plano N° 5	Canal de Entrada
Fecha: Marzo 2016	Titulación: INGENIERÍA CIVIL
ESCALA 1:150 1:100 1:75	Autor: REBECA DÍAZ MUÑOZ
Tutor: Dr. Pedro Huerta	

PLANTA CIMENTACION CANAL SALIDA

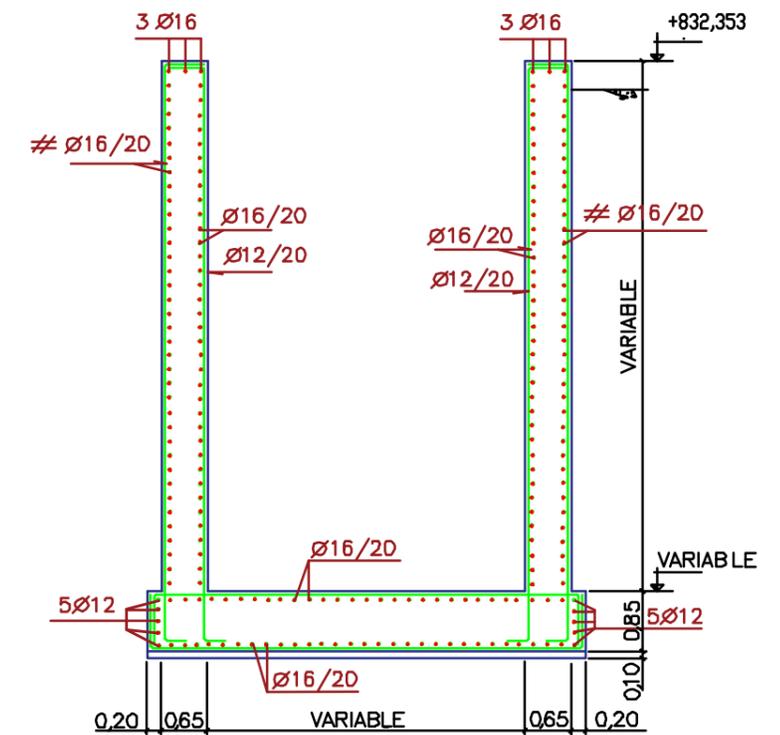
Escala 1:200



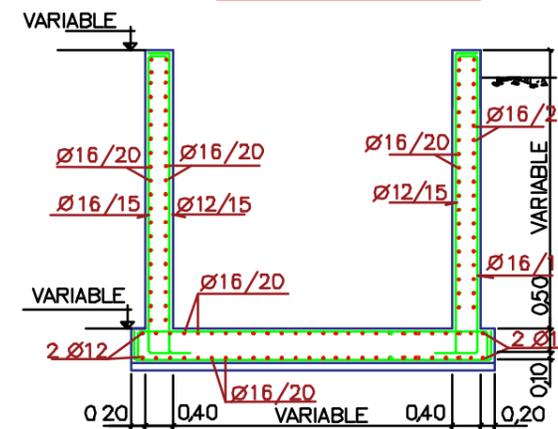
SECCION 4-4



SECCION 5-5



SECCION 6-6



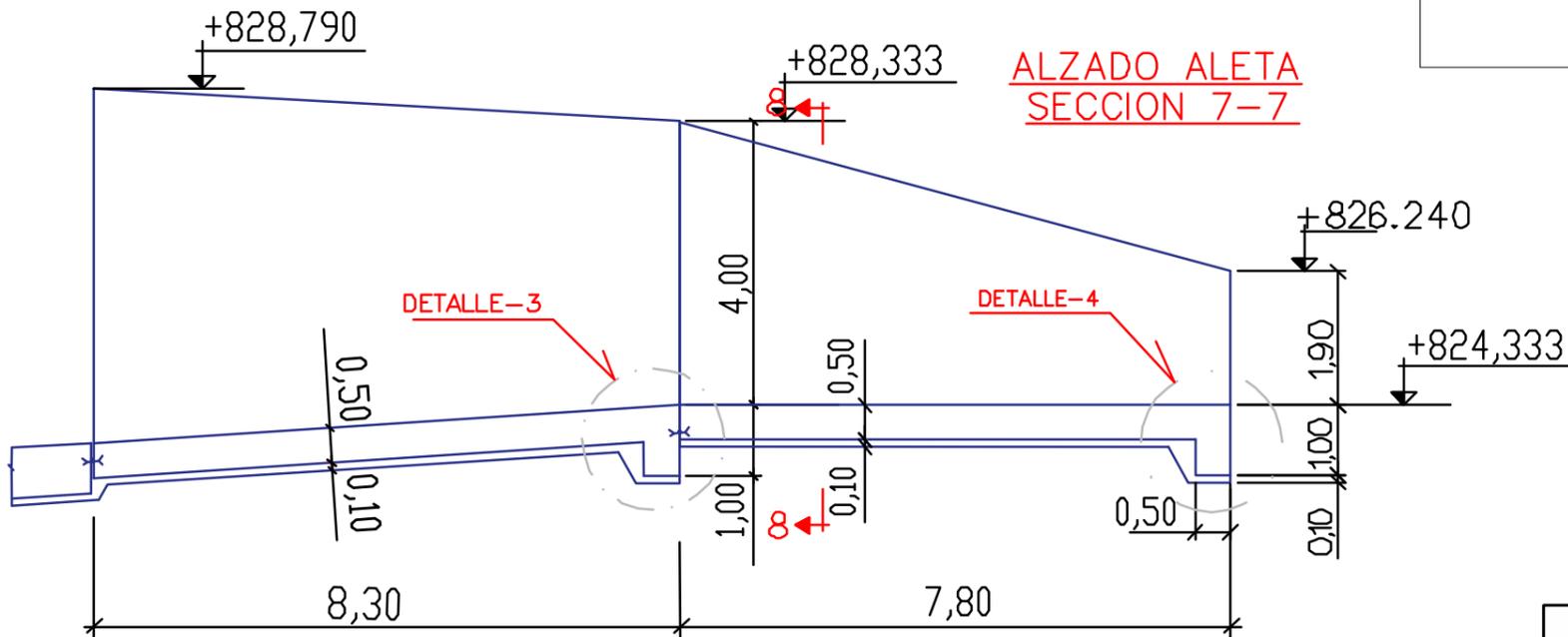
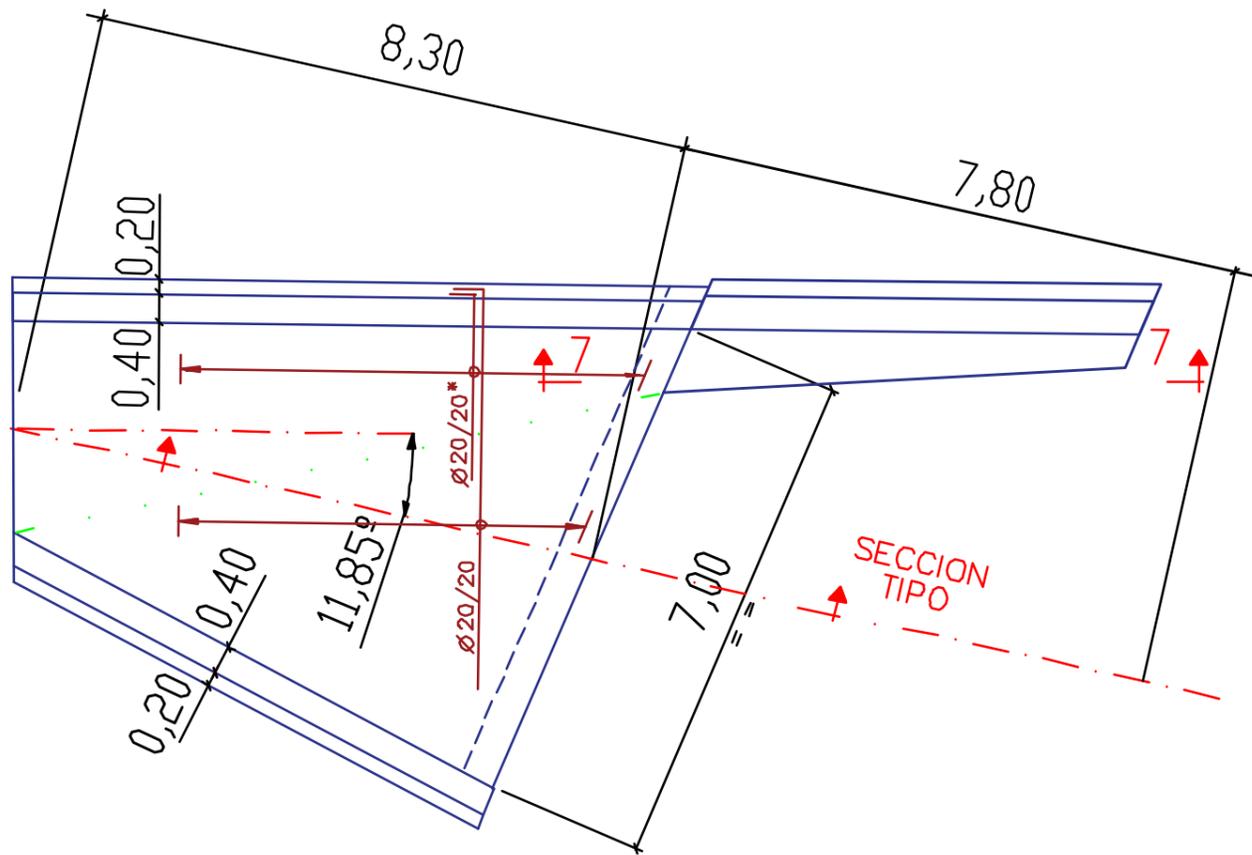
Escala 1:100

COEFICIENTE	NIVEL DE CONTROL	CORRECCION	COEFICIENTE FINAL
VALOR MEDIO $\gamma_s = 1.15$	Acero controlado mediante ensayos sistematicos.	---	1.15
VALOR MEDIO $\gamma_c = 1.50$	El hormigon es objeto de control de resistencia mediante probetas.	---	1.50
VALOR MEDIO $\gamma_f = 1.60$	Control de ejecucion NORMAL Los danos previsibles son de tipo medio	---	1.60
HORMIGONES: HA-25-II la RECUBRIMIENTO 35mm.			ACERO B 500 S



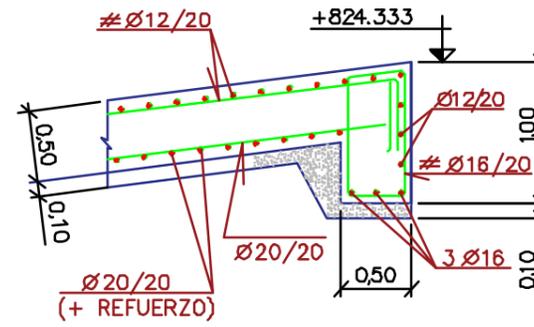
Proyecto:	DISEÑO DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS. Modelo de aprovechamiento en el río Bernesga (León).	
Plano N° 6	Canal de Salida	Fecha: Marzo 2016
ESCALA 1:200 1:100	Titulación: INGENIERÍA CIVIL	
	Autor: REBECA DÍAZ MUÑOZ	Tutor: Dr. Pedro Huerta

**PLANTA REFUERZO DE ARMADURA
EN LOSA DE SECCIÓN 6-6**

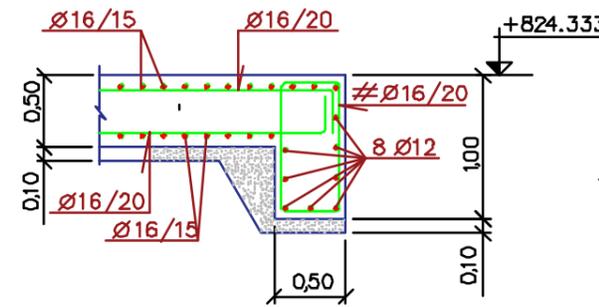


Escala 1:100

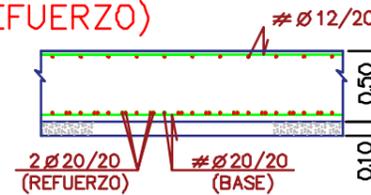
DETALLE-3



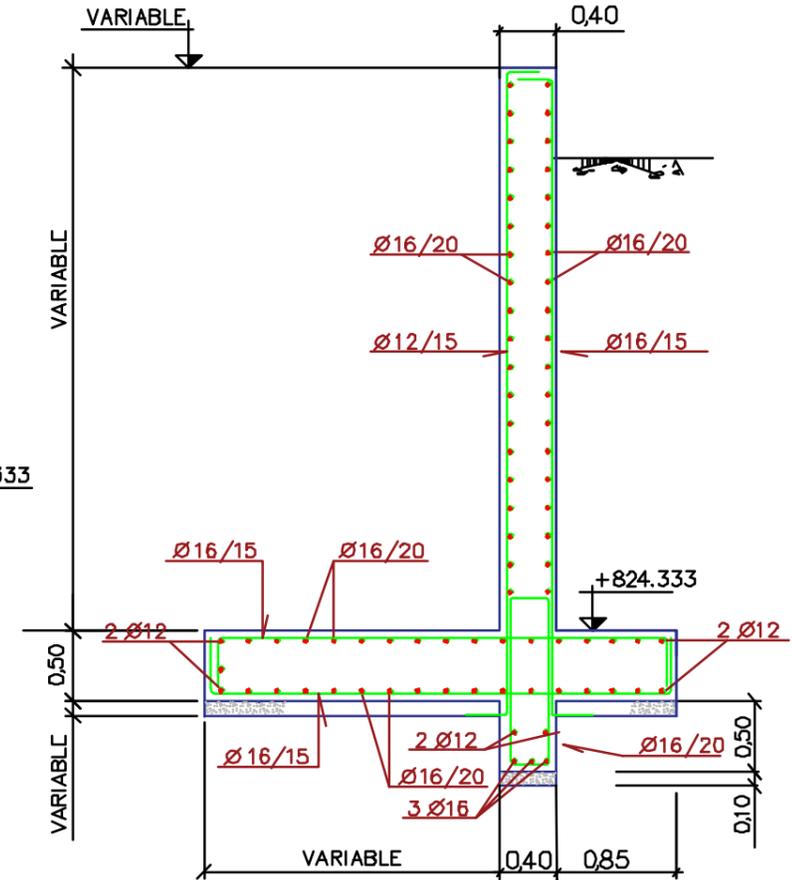
DETALLE-4



**SECCION TIPO
(REFUERZO)**



SECCION 8-8

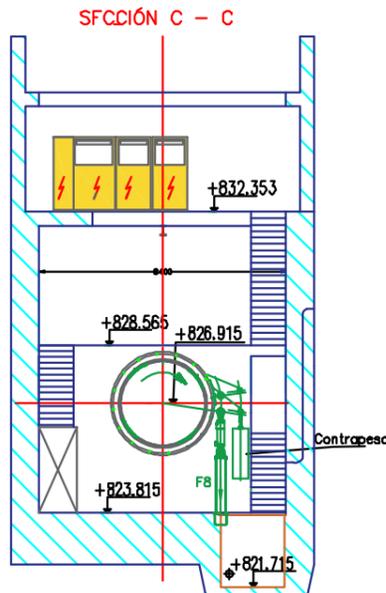
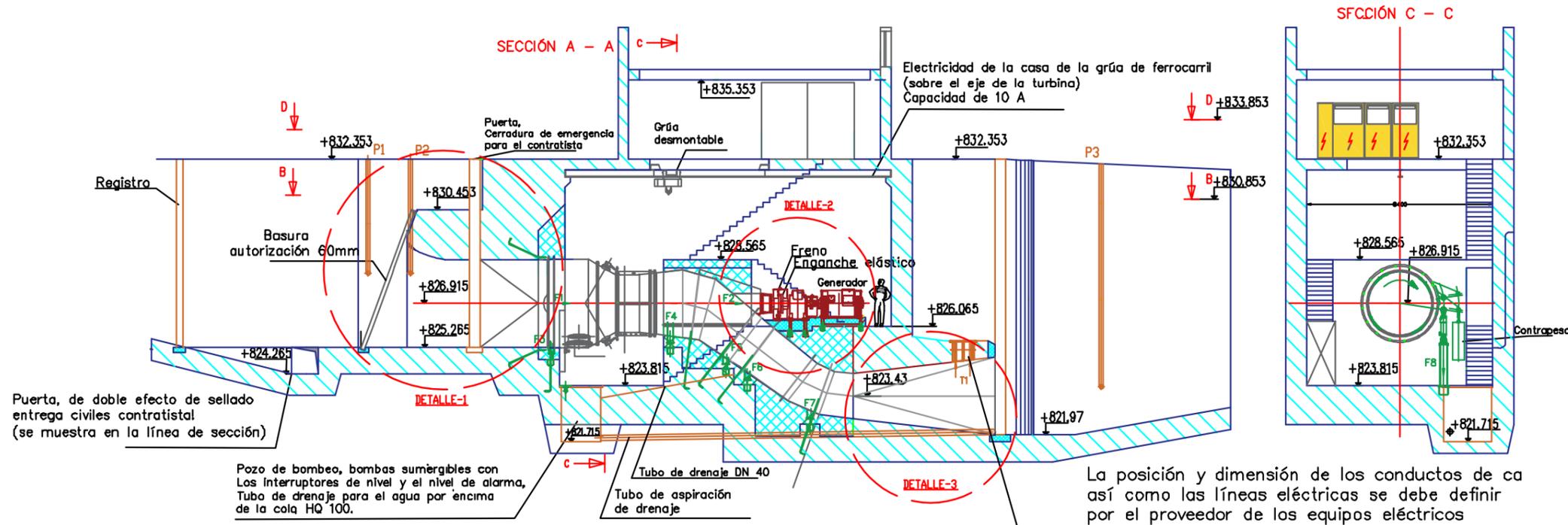


Escala 1:50

COEFICIENTE	NIVEL DE CONTROL	CORRECCION	COEFICIENTE FINAL
VALOR MEDIO $\gamma_s = 1.15$	Acero controlado mediante ensayos sistematicos.	---	1.15
VALOR MEDIO $\gamma_c = 1.50$	El hormigon es objeto de control de resistencia mediante probetas.	---	1.50
VALOR MEDIO $\gamma_f = 1.60$	Control de ejecucion NORMAL	---	1.60
	Los danos previsibles son de tipo medio	---	
HORMIGONES: HA-25-II la RECUBRIMIENTO 35mm.			ACERO B 500 S



Proyecto:	DISEÑO DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS. Modelo de aprovechamiento en el río Bernesga (León).		
Plano N° 7	Canal de Salida. Detalles	Fecha: Marzo 2016	
ESCALA	Titulación: INGENIERÍA CIVIL		
1:100 1:50	Autor: REBECA DÍAZ MUÑOZ	Tutor: Dr. Pedro Huerta	



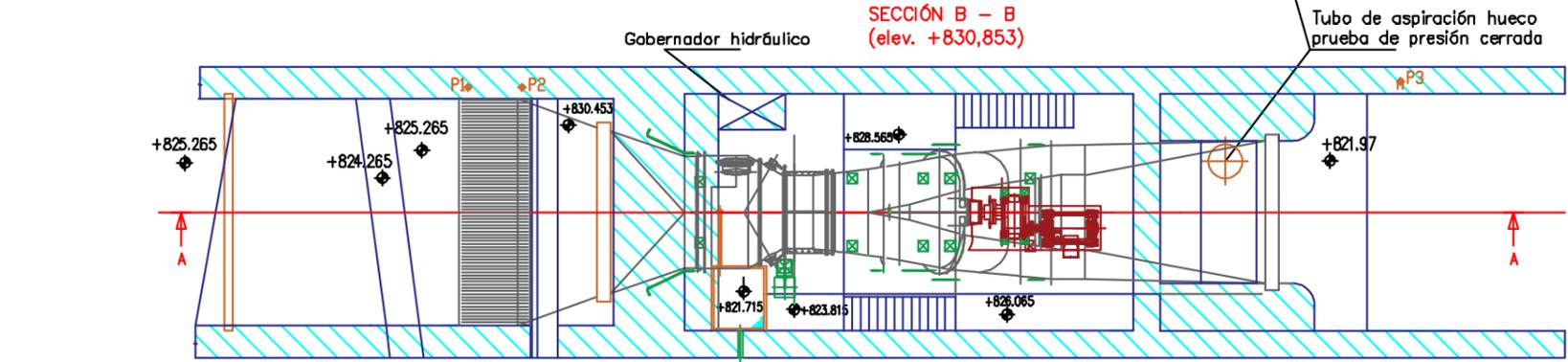
Arreglo del Generador para una Kaplan Tipo-S Turbina tipo: S-21,2/MR4

Características:

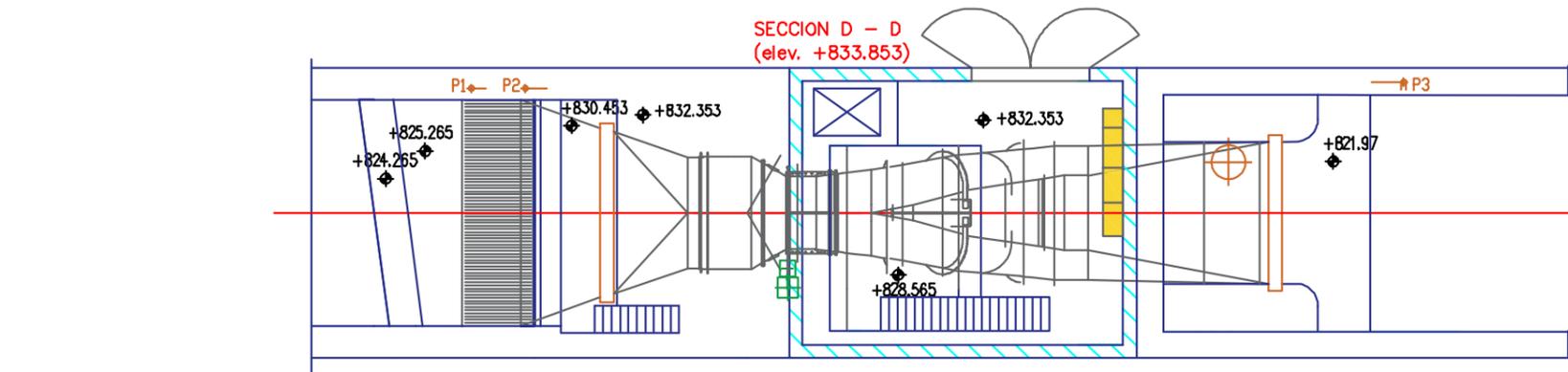
Salto bruto: Hb = 5.00 m
 Salto neto: Hn = 4.3 - 4.6 m
 Descarga nominal: Q = 11000 l/s
 Descarga max.: Q = 20000 l/s
 Salida: P = 422/760(max) KW
 Velocidad: n = 190/750 rpm
 Velocidad fuera nd = 395 /1559 rpm de control:

Leyenda:

- Tercera etapa de hormigonado
- Segunda etapa de hormigonado
- Primera etapa de hormigonado
- Nueva albañilería
- Albañilería existente
- Eliminación de la albañilería existente
- Para verter, las superficies de contacto deben ser duras



La posición y dimensión de los conductos de ca así como las líneas eléctricas se debe definir por el proveedor de los equipos eléctricos



La tolerancia permitida de la turbina en la ingesta y el proyecto Secciones de tubo +/- 2% si no se indica otra distinta.

Las superficies de hormigón tienen que ser lisas. Todas las dimensiones indicadas son las dimensiones exteriores de encofrado.

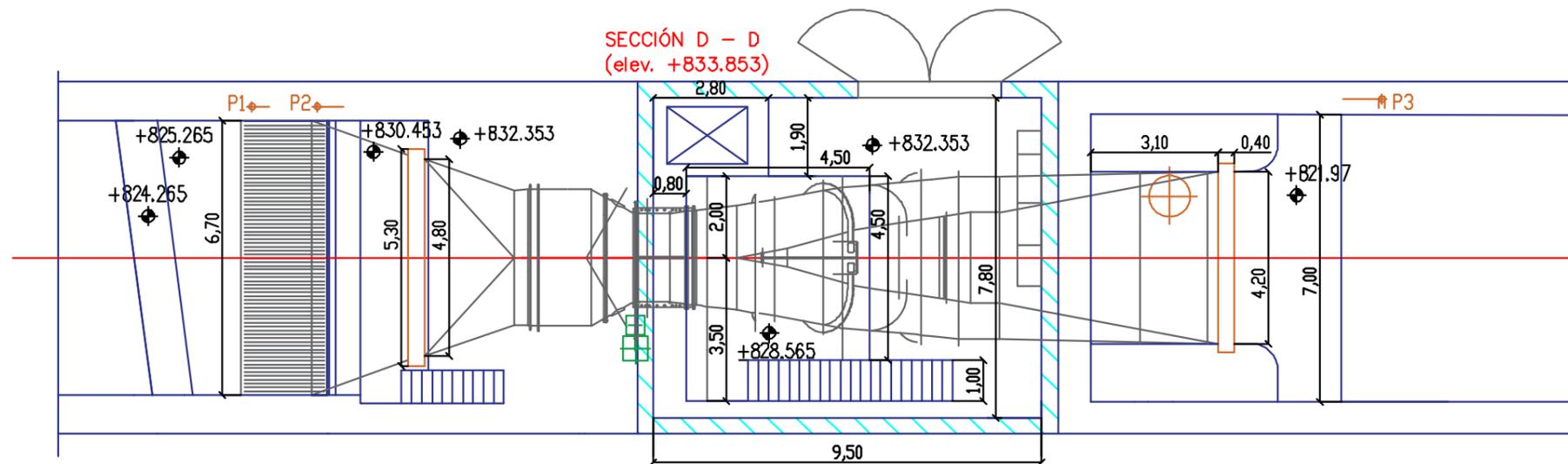
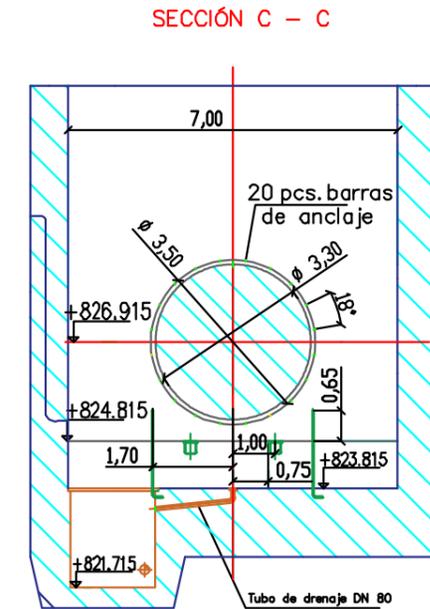
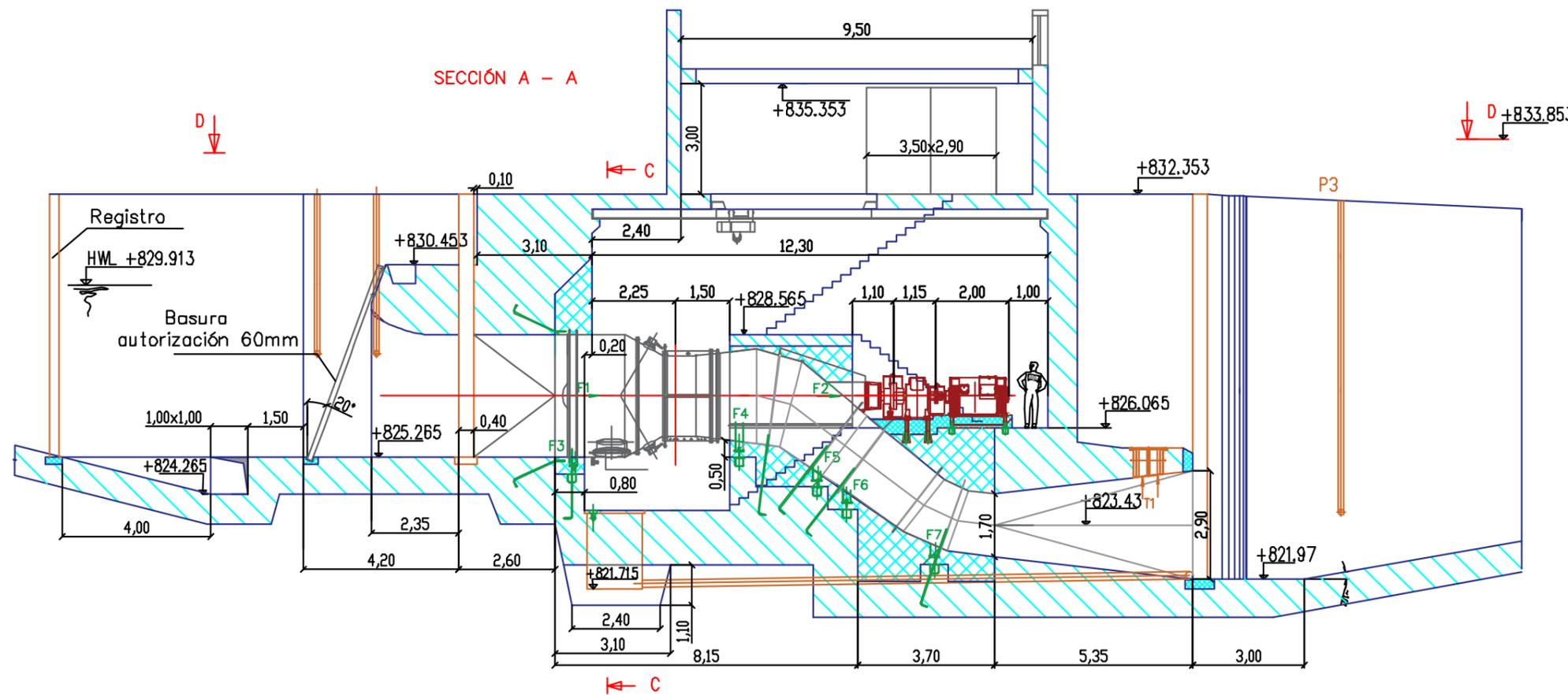
P1 P2 P3: protección de tuberías para el transductor de WL cable de sujeción a la sala de control

Las cargas bases indicadas. Máximo de las cargas que actúan sobre la base. Para el cálculo tiene en cuenta los pesos y las cargas de agua Tolerance: +/- 15%

- F1 = 390 kN (incl. 50% martillo hidráulico)
- F2 = 126 kN
- F3 = 2 x 120 kN
- F4 = 2 x 120 kN
- F5 = 2 x 100 kN
- F6 = 2 x 100 kN
- F7 = 2 x 120 kN
- F8 = 35 kN
- T1 = bar (at HQ100)

Fundación de la carga del generador, caja de cambios y casa de máquinas de la grúa tiene que ser especificado por los proveedores!

	Proyecto: DISEÑO DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS. Modelo de aprovechamiento en el río Bernesga (León).	
	Plano N° 8 Cámara de Turbina. Vista General	Fecha: Marzo 2016
ESCALA 1:200	Titulación: INGENIERÍA CIVIL	
	Autor: REBECA DÍAZ MUÑOZ	Tutor: Dr. Pedro Huerta

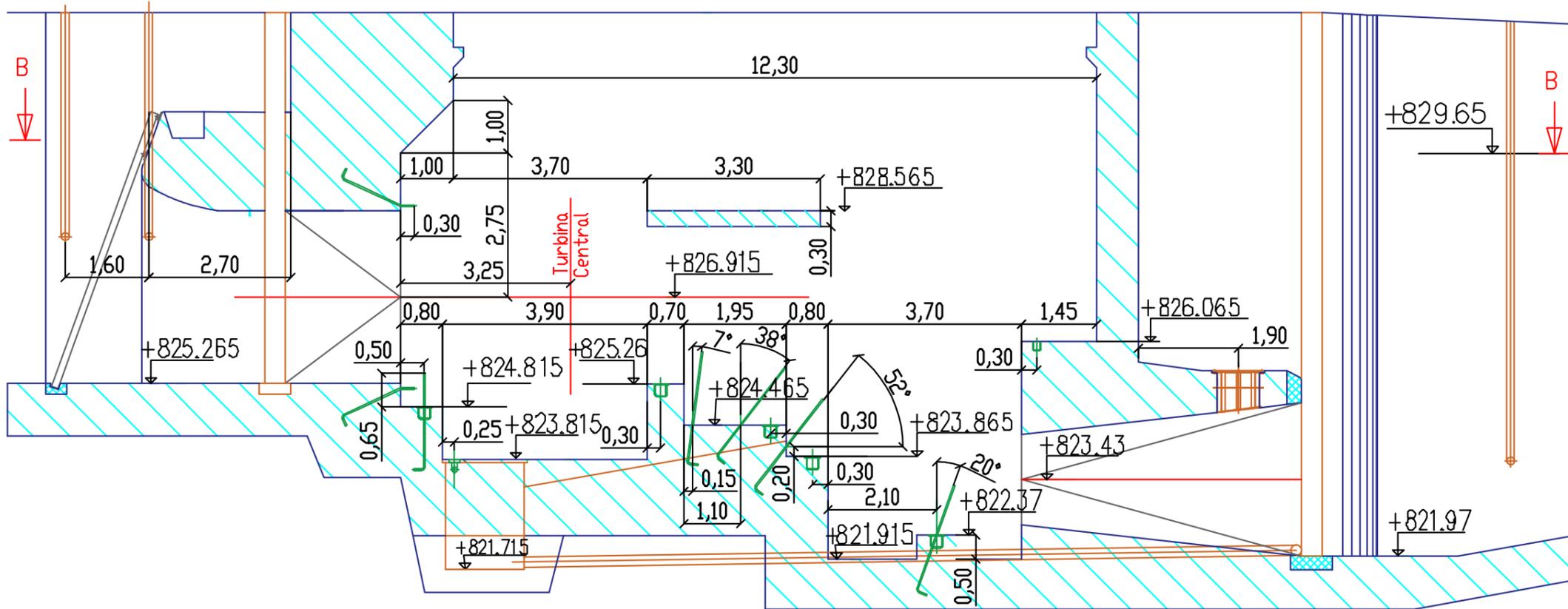


Leyenda:

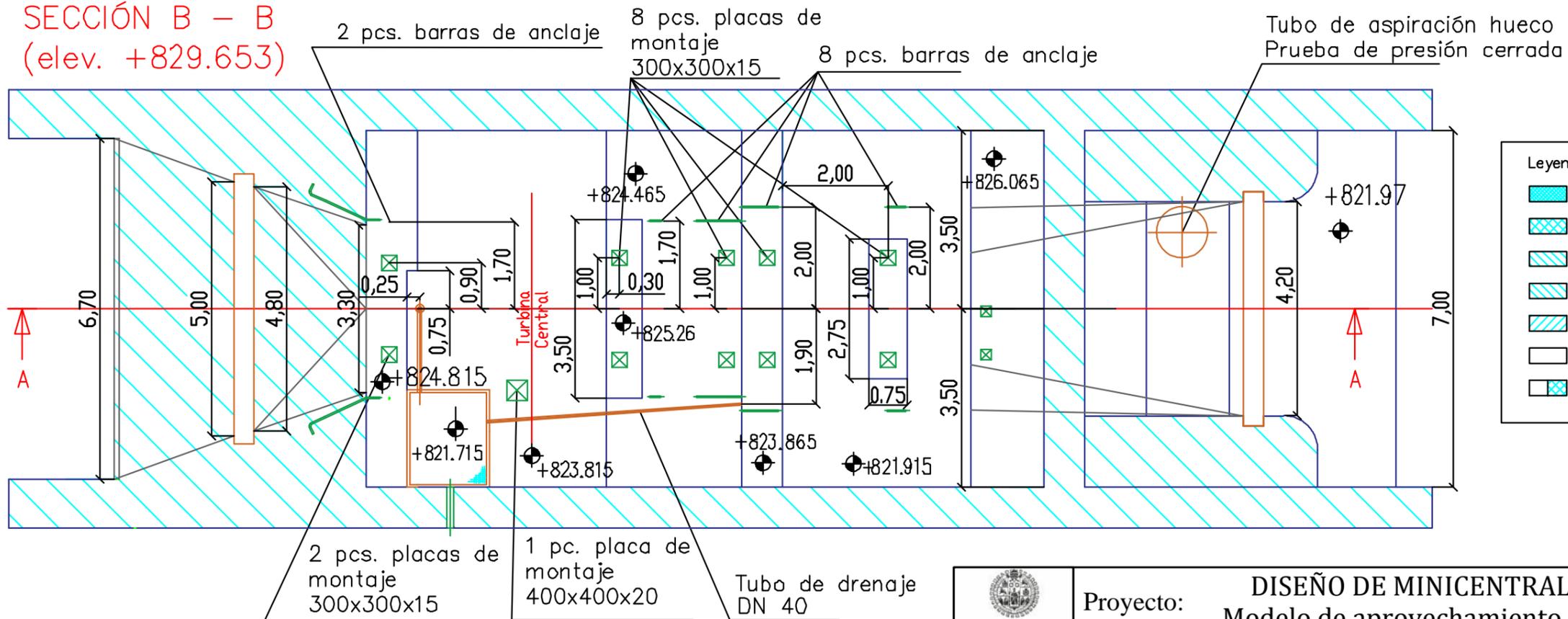
	Tercera etapa de hormigonado
	Segunda etapa de hormigonado
	Primera etapa de hormigonado
	Nueva albañilería
	Albañilería existente
	Eliminación de la albañilería existente
	Para verter, las superficies de contacto deben ser duras

	Proyecto: DISEÑO DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS. Modelo de aprovechamiento en el río Bernesga (León).	
	Plano N° 9 Cámara de Turbina. Cimentación I	Fecha: Marzo 2016
ESCALA 1:150	Titulación: INGENIERÍA CIVIL	
	Autor: REBECA DÍAZ MUÑOZ	Tutor: Dr. Pedro Huerta

SECCIÓN A - A



SECCIÓN B - B
(elev. +829.653)



Legenda:

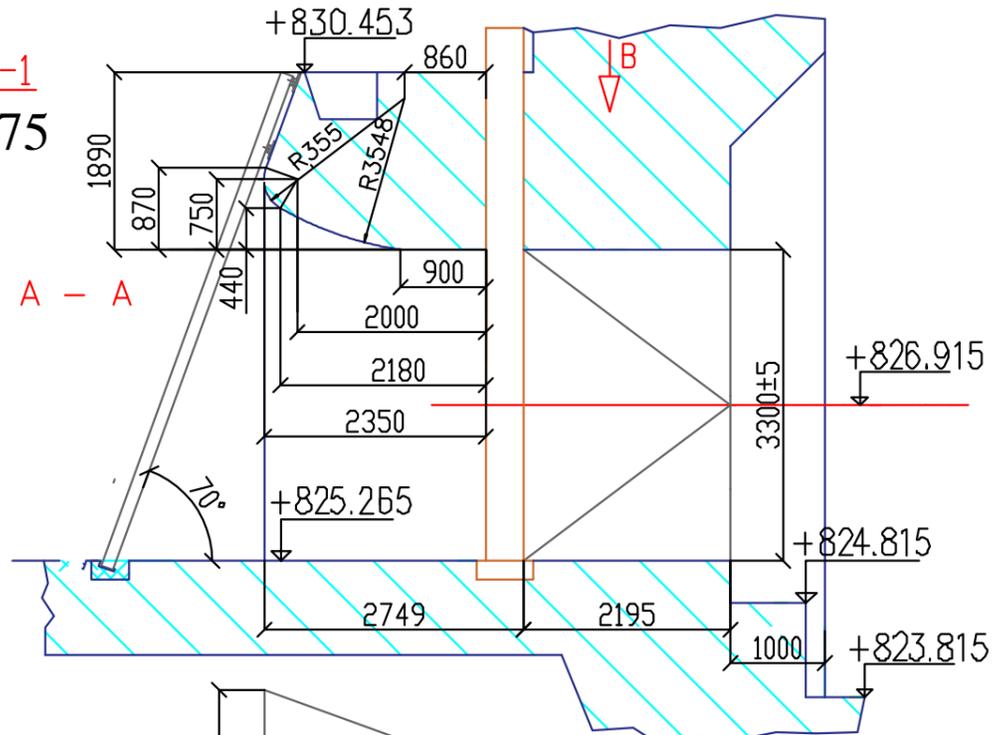
	Tercera etapa de hormigonado
	Segunda etapa de hormigonado
	Primera etapa de hormigonado
	Nueva albañilería
	Albañilería existente
	Eliminación de la albañilería existente
	Para verter, las superficies de contacto deben ser duras



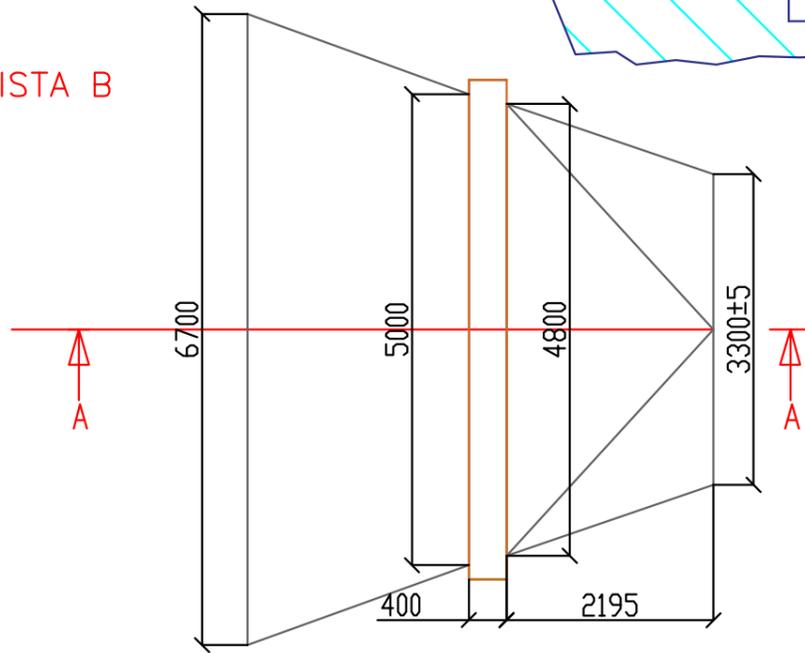
Proyecto: DISEÑO DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS. Modelo de aprovechamiento en el río Bernesga (León).	
Plano N° 10 Cámara de Turbina. Cimentación II	Fecha: Marzo 2016
ESCALA 1:100	Titulación: INGENIERÍA CIVIL
Autor: REBECA DÍAZ MUÑOZ	Tutor: Dr. Pedro Huerta

DETALLE-1
Escala 1:75

SECCIÓN A - A

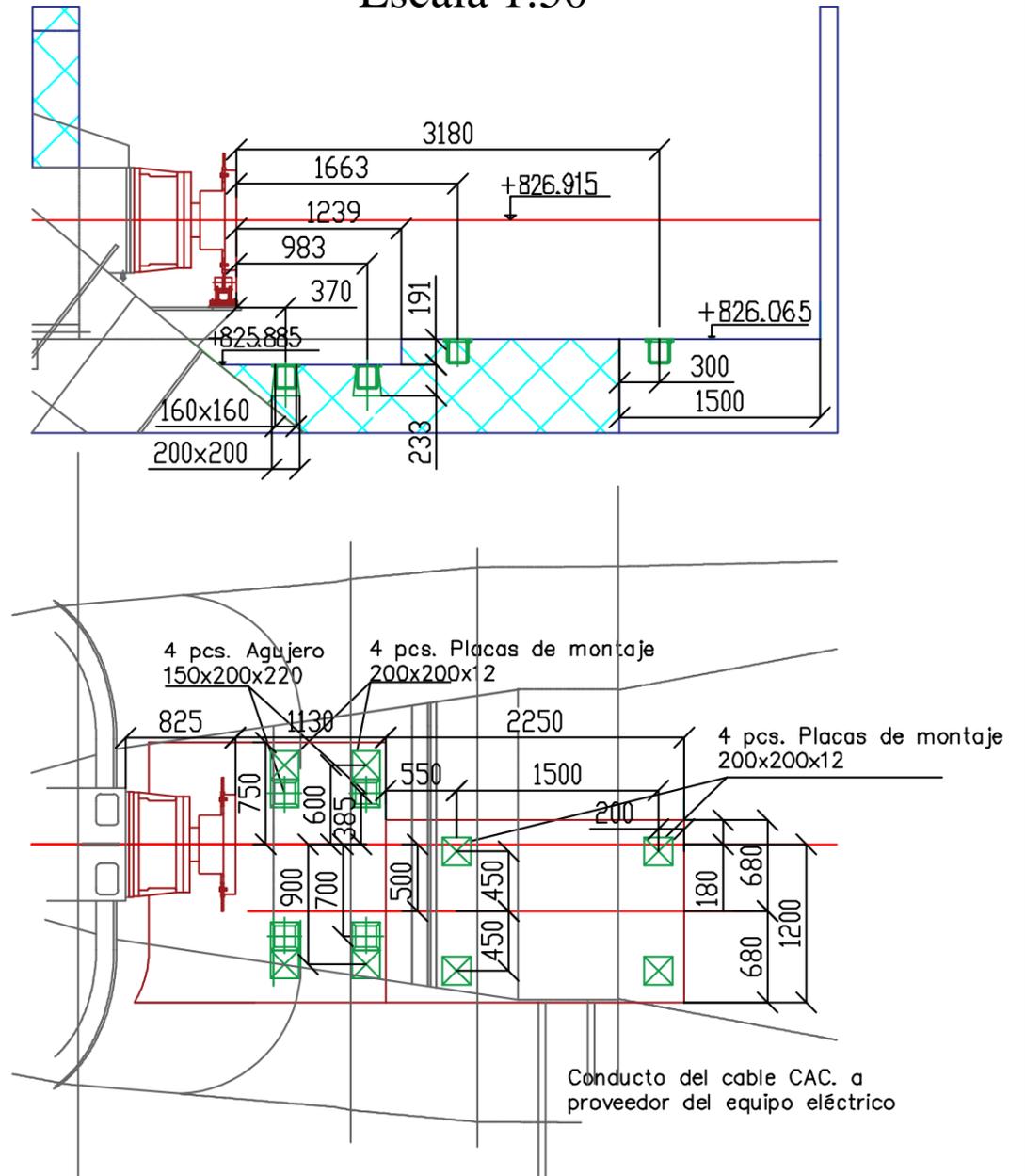


VISTA B



Tolerancia permitida en las secciones $\pm 2\%$ a no ser que se indique otra distinta. Dimensiones indicadas de encofrados.

DETALLE-2
Escala 1:50

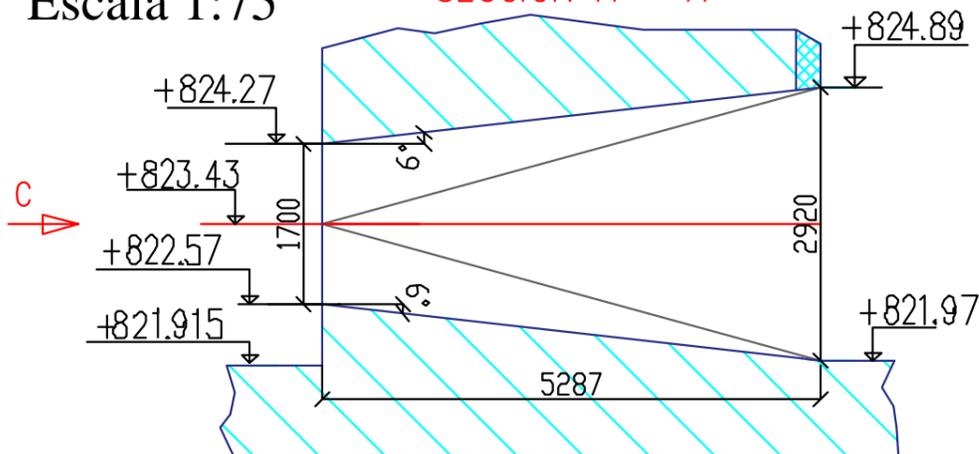


La posición y dimensión de los conductos de cable así como las líneas eléctricas se debe definir por el proveedor de los equipos eléctricos

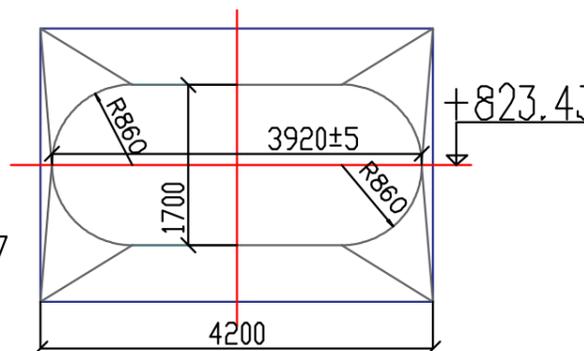
Dimensiones acotadas en milímetros

DETALLE-3
Escala 1:75

SECCIÓN A - A



VISTA C



Proyecto:	DISEÑO DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS. Modelo de aprovechamiento en el río Bernesga (León).	
Plano N° 11	Cámara de Turbina. Detalles	Fecha: Marzo 2016
ESCALA	Titulación: INGENIERÍA CIVIL	
1:75 1:50	Autor: REBECA DÍAZ MUÑOZ	Tutor: Dr. Pedro Huerta



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**



UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ÁVILA

-GRADO INGENIERÍA CIVIL -

DISEÑO DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS.

MODELO DE APROVECHAMIENTO EN EL RÍO BERNESGA (LEÓN).

***Documento 3: PLIEGO DE
CONDICIONES***

Autor: REBECA DÍAZ MUÑOZ

Tutor: Dr. Pedro Huerta Hurtado



ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES Y ECONÓMICAS.....	3
PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES.....	26
PLIEGO DE CONDICIONES ESPECÍFICAS.....	56

CONDICIONES GENERALES Y ECONÓMICAS



ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN.....	6
2. CAMPO DE APLICACIÓN	6
3. DISPOSICIONES GENERALES.....	6
3.1. Condiciones facultativas legales	7
3.2 Seguridad pública.....	8
4. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	9
4.1. Datos de la Obra	9
4.2. Replanteo de la Obra	9
4.3. Mejoras y variaciones del proyecto	10
4.4. Recepción del material	10
4.5. Organización	10
4.6. Facilidades para la inspección	11
4.7. Ensayos	11
4.8. Limpieza y seguridad en las obras	11
4.9. Medios auxiliares	11
4.10 Ejecución de las obras.....	12
4.11. Subcontratación de las obras.....	12
4.12. Plazo de ejecución.....	13
4.13. Recepción provisional	13
4.14. Periodos de garantía	14
4.15. Recepción definitiva.....	14
4.16. Pago de obras.....	14
4.17. Abono de materiales acopiados	15
5. GARANTÍA Y CONTROL DE CALIDAD DE LAS OBRAS	15
5.1. Definición	15
5.2. Control de calidad	16
5.3. Sistemas de garantía de calidad.....	17
5.4. Manual de garantía de calidad	17



5.5. Programa de garantía del contratista	18
5.5.1. Organización	18
5.5.2. Procedimientos, Instrucciones y Planos	18
5.5.3. Control de materiales y servicios comprados.....	18
5.5.4. Manejo, almacenamiento y transporte.....	19
5.5.5. Procesos especiales	19
5.5.6. Inspección de obra por parte del contratista	20
5.5.7. Gestión de la documentación.....	20
5.6. Planes de control de calidad (P.C.C.) y programas de puntos de inspección (P.P.I.).....	20
5.7. Abono de los costes del sistema de garantía de calidad	22
5.8. Nivel de control de calidad	22
5.9. Inspección y control de calidad por parte de la dirección de obra.....	23
6. DISPOSICIONES GENERALES.....	24
6.1. Correspondencia y relación oficial entre la administración y el contratista..	24
6.2. Cambio de contratista.....	24
6.3. Obligaciones del contratista.....	24
6.4. Clasificación del contratista	25
7. DISPOSICIÓN FINAL.....	25



1. INTRODUCCIÓN

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía eléctrica cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente Proyecto.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Este Pliego de Condiciones se refiere a la construcción de redes aéreas o subterráneas de alta tensión hasta 132 kV, así como a centros de generación y de transformación.

Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

3. DISPOSICIONES GENERALES

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 "Contratación de Obras. Condiciones Generales", siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda. Igualmente deberá ser instalador, provisto del correspondiente documento de calificación empresarial.



3.1. Condiciones facultativas legales

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se registrarán por lo especificado en:

Ley de Contratos de las Administraciones Públicas del R.D. Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre.

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. BOE» núm. 224, de 18 de septiembre de 2002.

Reglamentación General de la Ley de Contratos de Administraciones Públicas, R.D. 1098/2001, de 12 de octubre.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales y R.D. 162/97 sobre Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato que se trate.

Real Decreto 1725/1984, de 18 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Verificaciones eléctricas y Regularidad en el suministro de energía.

Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Órdenes de 6 de Julio de 1984, de 18 de Octubre de 1984 y de 27 de Noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.

Normas particulares y de normalización de la Compañía Suministradora de Energía Eléctrica.

Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas aprobado por Decreto 3854/70, de 31 de Diciembre.



El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en el apartado “h” del párrafo 3.1. de este Pliego de Condiciones y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación. Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc., que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc., pudiendo el Director Facultativo de la Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director Facultativo de la Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director Facultativo de la Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

3.2 Seguridad pública

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.



4. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director Facultativo de la Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

4.1. Datos de la Obra

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a si costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos. Se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director Facultativo de la Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, encargando al Director Facultativo de la Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director Facultativo de la Obra.

4.2. Replanteo de la Obra

El Director Facultativo de la Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el Director Facultativo de la Obra y por el representante del Contratista. Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.



4.3. Mejoras y variaciones del proyecto

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Director Facultativo de la Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución. Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

4.4. Recepción del material

El Director Facultativo de la Obra de acuerdo con el Contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta. La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

4.5. Organización

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la Obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Contratista deberá, sin embargo, informar al Director Facultativo de la Obra de todos los planes de organización técnica de la Obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le de éste en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al Director Facultativo de la Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar. Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del Director Facultativo de la Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.



4.6. Facilidades para la inspección

El Contratista proporcionará al Director Facultativo de la Obra o Delegados y colaboradores, toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de los materiales, así como la mano de obra necesaria para los trabajos que tengan por objeto comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas, permitiendo el acceso a todas las partes de la obra e incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan los materiales o se realicen trabajos para las obras.

4.7. Ensayos

Los ensayos, análisis y pruebas que deban realizarse para comprobar si los materiales reúnen las condiciones exigibles, se verificarán por la Dirección Facultativa de la Obra, o bien, si ésta lo estima oportuno, por el correspondiente Laboratorio Oficial.

Todos los gastos de pruebas y análisis serán de cuenta del Contratista.

4.8. Limpieza y seguridad en las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus inmediaciones de escombros y materiales, y hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean precisas, así como adoptar las medidas y ejecutar los trabajos necesarios para que las obras ofrezcan un buen aspecto a juicio de la Dirección Facultativa de la Obra.

Se tomarán las medidas oportunas de tal modo que durante la ejecución de las obras se ofrezca seguridad absoluta, en evitación de accidentes que puedan ocurrir por deficiencia en esta clase de precauciones; durante la noche estarán los puntos de trabajo perfectamente alumbrados y cercados los que por su índole fueran peligrosos.

4.9. Medios auxiliares

No se abonarán en concepto de medios auxiliares más cantidades que las que figuren explícitamente consignadas en presupuesto, entendiéndose que en todos los demás casos el costo de dichos medios está incluido en los correspondientes precios del presupuesto.



4.10 Ejecución de las obras

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director Facultativo de la Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio de lo que en cada momento pueda ordenarse por el Director Facultativo de la Obra a tenor de lo dispuesto en el último párrafo del apartado 4.1.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo lo indicado en el apartado 4.3. Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo. El Contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del Director Facultativo de la Obra.

4.11. Subcontratación de las obras

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Que se dé conocimiento por escrito al Director Facultativo de la Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.
- Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso, el Contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.



4.12. Plazo de ejecución

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante, lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director Facultativo de la Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director Facultativo de la Obra, la prórroga estrictamente necesaria.

4.13. Recepción provisional

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director Facultativo de la Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso.

Dicho Acta será firmada por el Director Facultativo de la Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista.

Si el Contratista no cumpliera estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.



4.14. Periodos de garantía

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción. Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

4.15. Recepción definitiva

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director Facultativo de la Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director Facultativo de la Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

4.16. Pago de obras

El pago de las obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la ubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director Facultativo de la Obra oportunamente para su medición, los gastos de replanteo, inspección y liquidación de las mismas, con arreglo a las disposiciones vigentes, y los gastos que se originen por inspección y vigilancia facultativa, cuando la Dirección Facultativa de la Obra estime preciso establecerla.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminados por ambas partes en un plazo máximo de quince días.



El Director Facultativo de la Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

4.17. Abono de materiales acopiados

Cuando a juicio del Director Facultativo de la Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director Facultativo de la Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

5. GARANTÍA Y CONTROL DE CALIDAD DE LAS OBRAS

5.1. Definición

Se entenderá por Garantía de Calidad el conjunto de acciones planeadas y sistemáticas necesarias para proveer la confianza adecuada de que todas las estructuras, componentes e instalaciones se construyen de acuerdo con el Contrato, Códigos, Normas y Especificaciones de diseño.

La Garantía de Calidad incluye el Control de Calidad el cual comprende aquellas acciones de comprobación de que la calidad está de acuerdo con los requisitos predeterminados.

El Control de Calidad de una Obra comprende los aspectos siguientes:



- Calidad de materias primas.
- Calidad de equipos o materiales suministrados a obra, incluyendo su proceso de fabricación.
- Calidad de ejecución de las obras (construcción y montaje).
- Calidad de la obra terminada (inspección y pruebas).

5.2. Control de calidad

El Proyecto indicará en los planos de conjunto y de detalles del Proyecto de Construcción, los niveles de vigilancia y control de cada unidad de obra, de acuerdo con las normas vigentes y en todo caso, con lo establecido en los diferentes artículos del presente Pliego.

En el transporte, almacenaje y manipulación de toda clase de materiales, serán obligadas todas las disposiciones necesarias para que no sufran menoscabo o deterioro en sus características, forma y dimensiones.

La recepción y aceptación de productos primarios que hayan de recibir un tratamiento posterior, no supondrá la aceptación del nuevo producto obtenido, quedando ésta supedito a los ensayos y pruebas previstos por él.

Las pruebas y ensayos de los materiales y elementos constructivos que sean necesarios a juicio de la Directiva Facultativa de la Obra, se realizarán en los laboratorios que ésta designe. En caso de disconformidad con los resultados de dichas pruebas y ensayos, el Contratista podrá solicitar que se hagan otras en un Laboratorio Oficial, designado de común acuerdo.

En ningún caso podría aceptarse como causa justificada de retraso en los plazos parciales y totales, cualquier imputación del Contratista referente a supuesto o efectivos trastornos en la marcha de sus trabajos por la necesidad de hacer ensayos o pruebas porque tenga que adoptar cualquier medida necesaria para el cumplimiento de las condiciones establecidas en el Pliego.

La Dirección Facultativa de la Obra podrá, en todo caso, ordenar la apertura de las cartas, rozas, extracción de muestras de toda clase de fábricas y la realización de cuantas pruebas y ensayos considera pertinentes en cualquier momento de la ejecución de las obras para comprobar si estas han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, aunque tales pruebas o ensayos no están comprendidos en los denominados “preceptivos”.



Todos los gastos ocasionados por la práctica de las comprobaciones serán de cuenta de la Contrata, sin perjuicio de las obligaciones de demoler y reconstruir a sus expensas las partes defectuosas dentro de los tanto por ciento destinados para pruebas, siempre y cuando éstas se realicen durante el plazo de ejecución y serán a cuenta del Contratista durante el periodo de Garantía.

Los ensayos y pruebas deberán ser realizados en un laboratorio reconocido y aprobado previamente por la Dirección Facultativa de la Obra. Mientras no se especifique expresamente lo contrario, los costos de dichos ensayos y pruebas son a cuenta del Contratista y su incidencia se considera incluida en los precios unitarios de adjudicación.

5.3. Sistemas de garantía de calidad

Con objeto de asegurar la calidad de las actividades que se desarrollen durante las distintas fases de la obra, la Propiedad tiene establecido un Sistema de Garantía de Calidad cuyos requisitos, junto con los contenidos en el presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, serán de aplicación al trabajo y actividades de cualquier organización o individuo participante en la realización de la obra.

5.4. Manual de garantía de calidad

El Sistema de Garantía de Calidad establecido por la Propiedad está definido en el Manual de Garantía de Calidad.

Este documento describe la metodología a seguir a fin de programar y sistematizar los requisitos de calidad aplicables a la construcción de la obra de forma que, independientemente de las organizaciones o individuos participantes, se alcancen cotas de calidad homogéneas y elevadas.

El Contratista, está obligado a cumplir las exigencias del Sistema de Garantía de Calidad establecido y someterá a la aprobación de la Dirección Facultativa de la Obra el programa propio que prevé desarrollar para llevar a cabo lo descrito en cada uno de los capítulos del Manual de Garantía de Calidad.



5.5. Programa de garantía del contratista

Una vez adjudicada la oferta, en el plazo de 15 días naturales, el Contratista evitará a la Dirección Facultativa de la Obra un Programa de Garantía de Calidad.

La Dirección Facultativa de la Obra evaluará el Programa y comunicará por escrito al Contratista su aprobación o comentarios.

El Programa de Garantía de Calidad se ajustará a lo dispuesto en el Manual de Garantía de Calidad, y comprenderá, como mínimo, la descripción de los siguientes conceptos:

5.5.1. Organización

Se incluirá en este apartado un organigrama funcional y nominal específico para el contrato.

El organigrama incluirá la organización específica de Garantía de Calidad acorde con las necesidades y exigencias de la obra. Los medios, ya sean propios o ajenos, estarán adecuadamente homologados. El responsable de Garantía de Calidad del Contratista tendrá una dedicación exclusiva a su función.

5.5.2. Procedimientos, Instrucciones y Planos

Todas las actividades relacionadas con la construcción, inspección y ensayo, deben ejecutarse de acuerdo con instrucciones de trabajo, procedimientos, planos u otros documentos análogos que desarrollen detalladamente lo especificado en los planos y en los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto.

El Programa contendrá una relación de tales procedimientos, instrucciones y planos que, posteriormente, serán sometidos a la aprobación de la Dirección Facultativa de la Obra, con la suficiente antelación al comienzo de los trabajos.

5.5.3. Control de materiales y servicios comprados



El Contratista realizará una evaluación y selección previa de proveedores que deberá quedar documentada y será sometida a la aprobación de la Dirección Facultativa de la Obra.

La documentación a presentar para cada equipo o material propuesto será como mínimo la siguiente:

- Plano de equipo o material.
- Plano de detalle.
- Documentación complementaria suficiente para que el Director de Obra pueda tener la información precisa para determinar la aceptación o rechazo del equipo o material.
 - Materiales que componen cada elemento del equipo.
 - Normas de acuerdo con las cuales ha sido diseñado.
 - Procedimiento de construcción.
 - Normas a emplear para las pruebas de recepción, especificando cuales de ellas deben realizarse en fábrica y cuales en obra.

Asimismo, realizará la inspección de recepción en la que se compruebe que el material está de acuerdo con los requisitos del proyecto, emitiendo el correspondiente informe de inspección.

5.5.4. Manejo, almacenamiento y transporte

El Programa de Garantía de Calidad a desarrollar por el Contratista deberá tener en cuenta los procedimientos e instrucciones propias para el cumplimiento de los requisitos relativos al transporte, manejo y almacenamiento de los materiales y componentes utilizados en la obra.

5.5.5. Procesos especiales

Los procesos especiales tales como soldaduras, ensayos, pruebas, etc., serán realizados y controlados por personal cualificado del contratista, utilizando procedimientos homologados de acuerdo con los Códigos, Normas y Especificaciones aplicables. El Programa definirá los medios para asegurar y documentar tales requisitos.



5.5.6. Inspección de obra por parte del contratista

El Contratista es responsable de realizar los controles, ensayos, inspecciones y pruebas requeridas en el presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

El Programa deberá definir la sistemática a desarrollar por el Contratista para cumplir este apartado.

El Contratista podrá llevar a cabo controles, ensayos, inspecciones y pruebas distintas o en número superior a los requeridos, siendo suyos los gastos ocasionados por este concepto.

5.5.7. Gestión de la documentación

Se asegurará la adecuada gestión de la documentación relativa a la calidad de los elementos y actividades incluidos en el Programa de Garantía de Calidad.

El Contratista definirá los medios para asegurarse que toda la documentación relativa a la calidad de la construcción es archivada y controlada hasta su entrega a la Dirección Facultativa de la Obra.

5.6. Planes de control de calidad (P.C.C.) y programas de puntos de inspección (P.P.I.)

El Contratista presentará a la Dirección Facultativa de la Obra un Plan de Control de Calidad por cada actividad o fase de obra al mes de firmada el Acta de Comprobación del replanteo o de inicio de la actividad o fase si se hubieran producido modificaciones.

La Dirección Facultativa de la Obra evaluará el Plan de Control de Calidad y comunicará por escrito al Contratista su aprobación o comentarios.

Las actividades o fases de obra para las que se presentará Plan de Control de Calidad, serán, entre otras, las siguientes:



- Recepción y almacenamiento de materiales.
- Recepción y almacenamiento de mecanismos.
- Control de soldaduras en tuberías y estructuras.
- Obras de fábrica.
- Fabricación y transporte de hormigón. Colocación en obra, protecciones y curado.

El Plan de Control de Calidad incluirá, como mínimo, la descripción de los siguientes conceptos cuando sean aplicables:

- Descripción y objeto del Plan.
- Códigos y normas aplicables.
- Materiales a utilizar.
- Planos de construcción.
- Procedimientos de inspección, ensayo y pruebas.
- Proveedores y subcontratistas.
- Embalaje, transporte y almacenamiento.
- Mercado e identificación.
- Documentación a generar referente a la construcción, inspección, ensayos y pruebas.

Adjunto al P.P.C. se incluirá un Programa de Puntos de Inspección, documento que consistirá en un listado secuencial de todas las operaciones de construcción, inspección, ensayos y pruebas a realizar durante toda la actividad o fase de obra.

Para cada operación se indicará, siempre que sea posible, la referencia de los planos y procedimientos a utilizar, así como la participación de las organizaciones del Contratista en los controles a realizar. Se dejará un espacio en blanco para que la Dirección Facultativa de la Obra pueda marcar sus propios puntos de inspección.

Una vez finalizada la actividad o fase de obra, existirá una evidencia (mediante protocolos o firmas en el P.P.I.) de que se han realizado todas las inspecciones, pruebas y ensayos programados por las distintas organizaciones implicadas.



5.7. Abono de los costes del sistema de garantía de calidad

Los costos ocasionados al Contratista como consecuencia de las obligaciones que contrae en cumplimiento del Manual de Garantía de Calidad y del Pliego de Prescripciones, serán de su cuenta y se entienden incluidos en los precios del Proyecto, en lo referente a equipos mecánicos, eléctricos y de automatismo, instrumentación y control.

En particular todas las pruebas y ensayos de Control de Calidad que sea necesario realizar en cumplimiento del presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o de la normativa general que sea de aplicación al presente proyecto, serán de cuenta del Contratista, salvo que expresamente, se especifique lo contrario, excepto en lo referente al apartado de Obra Civil.

En este apartado, los costes ocasionados al Contratista derivados de las actividades de Control de Calidad consecuencia de la aplicación de este Pliego y de cuantas prescripciones disponga el Contrato, serán por cuenta del Contratista hasta un máximo del 1,5% del presupuesto de licitación, con las siguientes condiciones:

- En este concepto no se contabilizan los materiales empleados en el control de calidad.
- La inspección de equipos mecánicos, eléctricos y de automatismo, instrumentación y control será siempre por cuenta del Contratista, como se ha señalado.

El control de fabricación, puesta en obra y control de la ejecución de tuberías se considera incluido en el precio de las mismas y son, por tanto, de cuenta del Contratista. La inspección y control de calidad de los procesos de fabricación de equipos y materiales elaborados en fábrica o taller se consideran incluidos en el precio de los mismos, siendo, igualmente, siempre a cuenta del Contratista.

5.8. Nivel de control de calidad

En los artículos correspondientes del presente Pliego o en los planos, se especifican el tipo y número de ensayos a realizar de forma sistemática durante la ejecución de la obra para controlar la calidad de los trabajos.



Se entiende que el número fijado de ensayos es mínimo y que, en el caso de indicarse varios criterios para determinar su frecuencia, se tomará aquel que exija una frecuencia mayor.

El Director Facultativo de Obra podrá modificar la frecuencia y tipo de dichos ensayos con objeto de conseguir el adecuado control de la calidad de los trabajos, o recabar del Contratista la realización de controles de calidad no previstos en el proyecto

5.9. Inspección y control de calidad por parte de la dirección de obra

Con independencia de la estructura de Inspección y Control de Calidad del propio Contratista, la Dirección Facultativa de la Obra, podrá mantener un equipo de Inspección y Control de Calidad de las obras y realizar ensayos de homologación y contradictorios, para comprobar que la calidad, plazos y costos se ajustan a los contratados.

La Dirección Facultativa de la Obra, para la realización de dichas tareas, con programas y procedimientos propios, tendrá acceso en cualquier momento a todos los tajos de la obra, fuentes de suministro, fábricas y procesos de producción, laboratorios y archivos de Control de Calidad del Contratista o Subcontratista del mismo.

El Contratista está obligado a prestar su total colaboración a la Dirección Facultativa de la Obra para el normal cumplimiento de las funciones de inspección y suministrará, a su costa, todos los materiales que hayan de ser ensayados.

El coste de la ejecución de estos ensayos contradictorios será por cuenta de la Administración si como consecuencia de los mismos el suministro, material o unidad de obra cumple las exigencias de calidad.

Los ensayos serán por cuenta del Contratista en los siguientes casos:

- Si como consecuencia de los ensayos el suministro, material o unidad de obra es rechazado.
- Si se trata de ensayos adicionales propuestos por el Contratista sobre suministro, materiales o unidades de obra que hayan sido previamente rechazadas en los ensayos efectuados por la Dirección Facultativa de la Obra.
- La inspección por parte de la Dirección Facultativa de la Obra no supondrá relevar al Contratista en sus propias responsabilidades.



6. DISPOSICIONES GENERALES

6.1. Correspondencia y relación oficial entre la administración y el contratista.

Tendrá derecho el Contratista a que se acuse de recibo, si lo pide, las comunicaciones y reclamaciones que dirija a la Dirección Facultativa de Obra, y a su vez estará obligado a devolver a esta, si así lo pide, ya en originales o copias, todas las órdenes y avisos que de ésta reciba, poniendo el “enterado”, con su firma.

6.2. Cambio de contratista

El Contratista no podrá ceder o traspasar a otra persona, natural o jurídica, parte o la totalidad de la obra, sin la plena y expresa autorización de la Administración.

6.3. Obligaciones del contratista

El Contratista está, como Patrono, obligado a cumplir la legislación vigente, y en especial toda la referida a:

- Hacienda Pública.
- Derecho laboral y social.
- Legislación sobre contratos con las Administraciones Públicas.

Igualmente, cuantas disposiciones dicte la Dirección Facultativa de la Obra, encaminadas a garantizar la buena marcha de las obras, atendiendo a lo dispuesto en el Reglamento General de Contratación



6.4. Clasificación del contratista

De acuerdo con lo establecido en los artículos 25 y 26 del Reglamento general de la ley de Contratos de las Administraciones Públicas (aprobadas por R.D. 1098/01, de 12 de Octubre), la clasificación corresponde a:

Grupo C	Subgrupo 02	Categoría e
Grupo I	Subgrupo 02	Categoría e

7. DISPOSICIÓN FINAL

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES.

**OBRA CIVIL Y MONTAJE DE
CENTROS DE GENERACIÓN.**



ÍNDICE

1. OBJETO	29
2. OBRA CIVIL	29
2.1. Emplazamiento	29
2.2. Edificio.....	29
2.3. Evacuación y Extinción del aceite aislante.....	30
2.4. Ventilación	30
3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	31
3.1. Aparamenta m.t.....	31
3.2. Transformadores.....	33
3.3. Alumbrado	33
3.4. Puestas a tierra	33
4. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES	34
5. PRUEBAS REGLAMENTARIAS	35
6. MATERIALES.....	36
6.1. Condiciones generales	36
6.2 Componentes del hormigón	36
6.2.1. Áridos para hormigones.....	36
6.2.2. Agua	37
6.2.3. Cemento.....	37
6. 3 Hormigones.....	37
6.4 Acero para armaduras	39
6.5 Encofrados	39
6.6. Acero laminado de uso general	40
6.7. Tuberías de chapa de acero	40
6.8 Otras tuberías	40
6.9 Compuertas. Válvulas y piezas especiales	41
6.10 Otros materiales no especificados en el presente Pliego.....	41
6.11 Pruebas y ensayos.....	42



7. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	42
7.1. Excavaciones	42
7.2 Hormigones.....	43
7.3 Cargas fratasadas.....	45
7.4 Azudes de derivación	45
7.5 Canales y túneles	46
7.6 Tuberías.....	46
7.6.1. Tuberías de chapa de acero:.....	46
7.6.2. Tuberías de fibra de vidrio u otras.....	47
7.7 Edificio de la central:.....	47
8. INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS.....	48
8.1 Equipos de Media Tensión.....	48
8.2 Equipos de Baja Tensión	49
8.3 Red de tierras.....	50
8.4 Pruebas y Ensayo	50
9. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS.....	50
9.1 Otras obligaciones del Contratista.....	51
9.2. Medición y Abono	51
9.3. Recepción.....	52
10. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD	53
10.1. Prevenciones generales	53
10.2. Puesta en servicio	54
10.3. Separación de servicio	54
11. MANTENIMIENTO	55
12. LIBRO DE ÓRDENES	55



1. OBJETO

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de construcción y montaje de centros de generación, así como de las condiciones técnicas del material a emplear.

2. OBRA CIVIL

2.1. Emplazamiento

El lugar elegido para la instalación del centro debe permitir la colocación y reposición de todos los elementos del mismo, concretamente los que son pesados y grandes, como transformadores. Los accesos al centro deben tener las dimensiones adecuadas para permitir el paso de dichos elementos.

El emplazamiento del centro debe ser tal que esté protegido de inundaciones y filtraciones.

2.2. Edificio

Los suelos estarán previstos para soportar las cargas fijas y rodantes que implique el material.

Se preverán, en lugares apropiados del edificio, orificios para el paso del interior al exterior de los cables destinados a la toma de tierra y M.T.

También se preverán los agujeros de empotramiento para herrajes del equipo eléctrico y el emplazamiento de los carriles de rodamiento del transformador. Asimismo, se tendrán en cuenta los pozos de aceite, sus conductos de drenaje, las tuberías para conductores de tierra, registros para las tomas de tierra y canales para los cables de M.T.

Las puertas de acceso al centro de transformación desde el exterior cumplirán íntegramente lo que al respecto fija la Norma UNE-EN 61330. En cualquier caso, serán incombustibles, y suficientemente rígidas



De acuerdo con las recomendaciones UNESA, el edificio que contenga el centro estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial, estarán unidas entre sí mediante soldaduras eléctricas. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos, se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad entre éstos.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial podrá ser accesible desde el exterior del edificio.

2.3. Evacuación y Extinción del aceite aislante

Las paredes y techos de las celdas que han de alojar aparatos con baño de aceite, deberán estar construidas con materiales resistentes al fuego, que tengan la resistencia estructural adecuada para las condiciones de empleo.

Con el fin de permitir la evacuación y extinción del aceite aislante, se preverán pozos con revestimiento estanco, teniendo en cuenta el volumen de aceite que puedan recibir. En todos los pozos se preverán apagafuegos superiores, tales como lechos de guijarros de 5 cm de diámetro aproximadamente, sifones en caso de varios pozos con colector único, etc. Se recomienda que los pozos sean exteriores a la celda y además inspeccionables

2.4. Ventilación

Los locales estarán provistos de ventilación para evitar la condensación y, cuando proceda, refrigerar los transformadores.

Normalmente se recurrirá a la ventilación natural, aunque en casos excepcionales podrá utilizarse también la ventilación forzada.

Todas las aberturas de ventilación estarán dispuestas y protegidas de tal forma que se garantice un grado de protección mínimo de personas contra el acceso a zonas peligrosas, contra la entrada de objetos sólidos extraños y contra la entrada del agua IP23D, según Norma UNE-EN 61330.



3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

3.1. Aparamenta m.t.

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica y tipo “modular”. De esta forma, en caso de avería, será posible retirar únicamente la celda dañada, sin necesidad de desaprovechar el resto de las funciones.

Utilizarán el hexafluoruro de azufre (SF₆) como elemento de corte y extinción. El aislamiento integral en SF₆ confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual sumersión del centro de transformación por efecto de riadas. Por ello, esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta polución, en las zonas con clima agresivo y en las zonas más expuestas a riadas o entrada de agua en el centro.

Las celdas empleadas deberán permitir la extensibilidad in situ del centro de transformación, de forma que sea posible añadir más líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta previamente existente en el centro.

Las celdas podrán incorporar protecciones del tipo autoalimentado, es decir, que no necesitan imperativamente alimentación. Igualmente, estas protecciones serán electrónicas, dotadas de curvas CEI normalizadas (bien sean normalmente inversas, muy inversas o extremadamente inversas), y entrada para disparo por termostato sin necesidad de alimentación auxiliar.

Los cables se conectionarán desde la parte frontal de las cabinas. Los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura ergonómica a fin de facilitar la explotación.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra será un único aparato, de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra), asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo del interruptor y seccionador de puesta a tierra. Las posiciones del seccionador abierto y seccionador de puesta a tierra cerrado serán visibles directamente a través de mirillas, a fin de conseguir una máxima seguridad de explotación en cuanto a la protección de personas se refiere.

Las celdas responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparamenta bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE 20099. Se deberán distinguir al menos los siguientes compartimentos:



- Compartimento de aparellaje. Estará lleno de SF₆ y sellado de por vida. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación (hasta 30 años). Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independientemente del operador.

- Compartimento del juego de barras. Se compondrá de tres barras aisladas conexas mediante tornillos.

- Compartimento de conexión de cables. Se podrán conectar cables secos y cables con aislamiento de papel impregnado. Las extremidades de los cables serán simplificadas para cables secos y termorretráctiles para cables de papel impregnado.

- Compartimento de mando. Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra motorizaciones, bobinas de cierre y/o apertura y contactos auxiliares si se requieren posteriormente.

- Compartimento de control. En el caso de mandos motorizados, este compartimento estará equipado de bornes de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión, tanto en barras como en los cables.

Las características generales de las celdas son las siguientes, en función de la tensión nominal:

- Tensión asignada: 24 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial durante un minuto:
- A tierra y entre fases: 50 kV
- A la distancia de seccionamiento: 60 Kv

Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):

- A tierra y entre fases: 125 kV
- A la distancia de seccionamiento: 145 kV



3.2. Transformadores

El transformador o transformadores serán trifásicos, con neutro accesible en el secundario, refrigeración natural AN, con regulación de tensión primaria mediante conmutador.

Estos transformadores se instalarán, en caso de incluir un líquido refrigerante, sobre una plataforma ubicada encima de un foso de recogida, de forma que en caso de que se derrame e incendie, el fuego quede confinado en la celda del transformador, sin difundirse por los pasos de cables ni otras aberturas al resto del centro.

Los transformadores, para mejor ventilación, estarán situados en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire esté situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo, y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.

3.3. Alumbrado

El alumbrado artificial, siempre obligatorio, será preferiblemente de incandescencia.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de manera que los aparatos de seccionamiento no queden en una zona de sombra; permitirán además la lectura correcta de los aparatos de medida. Se situarán de tal manera que la sustitución de lámparas pueda efectuarse sin necesidad de interrumpir la media tensión y sin peligro para el operario.

Los interruptores de alumbrado se situarán en la proximidad de las puertas de acceso.

3.4. Puestas a tierra

Las puestas a tierra se realizarán en la forma indicada en el proyecto, debiendo cumplirse estrictamente lo referente a separación de circuitos, forma de constitución y valores deseados para las puestas a tierra.



Condiciones de los circuitos de puesta a tierra:

- No se unirán al circuito de puesta a tierra las puertas de acceso y ventanas metálicas de ventilación del centro de transformación.
- La conexión del neutro a su toma se efectuará, siempre que sea posible, antes del dispositivo de seccionamiento B.T.
- En ninguno de los circuitos de puesta a tierra se colocarán elementos de seccionamiento.
- Cada circuito de puesta a tierra llevará un borne para la medida de la resistencia de tierra, situado en un punto fácilmente accesible.
- Los circuitos de tierra se establecerán de manera que se eviten los deterioros debidos a acciones mecánicas, químicas o de otra índole.
- La conexión del conductor de tierra con la toma de tierra se efectuará de manera que no haya peligro de aflojarse o soltarse.
- Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea continua, en la que no podrán incluirse en serie las masas del centro. Siempre la conexión de las masas se efectuará por derivación.
- Los conductores de tierra enterrados serán de cobre, y su sección nunca será inferior a 50 mm².

4. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Todas las normas de construcción e instalación del centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de la compañía eléctrica.

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.



La admisión de materiales no se permitirá sin la previa aceptación por parte del Director Facultativo de la Obra. En este sentido, se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el D.O., aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones. Para ello se tomarán como referencia las distintas recomendaciones UNESA, Normas UNE, etc. que les sean de aplicación.

5. PRUEBAS REGLAMENTARIAS

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada.

Una vez ejecutada la instalación se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición de los siguientes valores.

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

Las pruebas y ensayos a que serán sometidas las celdas una vez terminada su fabricación serán las siguientes:

- Prueba de operación mecánica.
- Prueba de dispositivos auxiliares, hidráulicos, neumáticos y eléctricos.
- Verificación de cableado.
- Ensayo de frecuencia industrial.
- Ensayo dieléctrico de circuitos auxiliares y de control.
- Ensayo de onda de choque 1,2/50 ms.
- Verificación del grado de protección.



6. MATERIALES

6.1. Condiciones generales

Todos los materiales necesarios para la ejecución de las obras serán aportados por el Contratista y aprobados por la Dirección de las Obras, previa comprobación de que reúnen todas las características que, en las distintas normas y pliegos ya citados, se exigen para cada caso concreto, de acuerdo con lo indicado en los precios y planos del proyecto, así como en este Pliego.

Esta aprobación previa por la Dirección de las Obras no exime al Contratista de su responsabilidad por posibles defectos no detectados en el examen o ensayos realizados.

Los materiales que no cumplan las especificaciones exigidas en las normas y pliegos citados, serán rechazados y sustituidos por otros que las cumplan, siendo de cuenta del Contratista dicha reposición.

6.2 Componentes del hormigón

6.2.1. Áridos para hormigones

Los áridos para la fabricación del hormigón cumplirán las especificaciones del Artículo 28º de la Instrucción EHE, debiendo además cumplir las siguientes:

- El árido grueso procederá de machaqueo, no admitiéndose escorias siderúrgicas.
- El tamaño máximo del árido será de 40 mm, salvo autorización expresa de la Dirección de las Obras por otra mayor.
- El coeficiente de forma será superior a 0,15 (quince centésimas), Ensayo UNE 7.238.
- En el árido grueso, las pérdidas de peso al someterlo a cinco ciclos de tratamiento con soluciones de sulfato sódico y magnésico serán inferiores al doce y dieciocho por ciento respectivamente, (12% y 18%). Ensayo UNE 7.136.
- Para la arena y en el mismo ensayo, los límites anteriores se establecen en el diez y quince por ciento (10% y 15%).
- La arena procederá de machaqueo, o en caso de ser natural, cumplirá las especificaciones indicadas.



6.2.2. Agua

El agua de amasado y curado del hormigón cumplirá lo especificado en el Artículo 27 de la EHE. No podrán emplearse aguas de mar o salinas.

6.2.3. Cemento

El cemento a emplear será preferiblemente el denominado P-350 o equivalente en caso de cambio en la denominación, quedando a discreción de la Dirección de las Obras autorizar el tipo definido como S-I-350, es decir el Portland Siderúrgico 1.

Cualquiera que sea el tipo de cemento, deberá cumplir, en la relativo al transporte, envases, almacenamiento, control, hoja de características, etc., todo lo especificado en el Pliego RC-88, y en el artículo 26º de la EHE.

6. 3 Hormigones

Se definen en el Proyecto cinco tipos de hormigón:

- Hormigón en masa de limpieza y para obras auxiliares con resistencia característica $R_c = 125 \text{ Kp/cm}^2$ denominado H-125.
- Hormigón en masa para obras de fábrica en general de resistencia característica $R_c = 175 \text{ Kp/cm}^2$ denominado H-175
- Hormigón para armar ligeramente en muros y soleras, de resistencia característica $R_c = 225 \text{ kp/cm}^2$ denominado H-225.
- Hormigón para armar en vigas, forjados y losas de resistencia característica $R_c = 250 \text{ Kp/cm}^2$ denominado H-250.
- Hormigón para armar en obras especiales, como losas de puente, de resistencia característica $R_c = 275 \text{ Kp/cm}^2$ denominado H-275.

El tipo de hormigón a emplear en cada zona de la obra viene determinado en el Documento de Presupuestos del presente Proyecto. De cualquier modo, La Dirección



de las Obras podrá prescribir cualquier otro tipo de hormigón diferente de los arriba enunciados, para cada parte de la obra.

En cada tajo de hormigonado se hará para su ensayo, una serie de ocho (8) probetas cilíndricas de quince (15) centímetros de diámetro por treinta (30) de altura, por cada cincuenta (50) metros cúbicos de hormigón puesta en obra, pudiendo la

Dirección de las Obras ampliar el número de ensayos a realizar en función de las circunstancias reales de la obra.

La rotura de probetas se hará en un laboratorio señalado por la Administración, estando obligado el Contratista a transportarlas al mismo antes de los siete (7) días a partir de su confección, sin percibir por ello, cantidad alguna.

Si el Contratista desea que la rotura de probetas se efectúe en Laboratorio distinto, deberá obtener la correspondiente autorización de la Dirección de las Obras, siendo como antes, todos los gastos a su cuenta.

En el caso de que la resistencia característica resultara inferior a la exigida, el Contratista estará obligado a aceptar las medidas correctoras que indique la Dirección de las Obras, reservándose siempre ésta el derecho a rechazar el elemento de obra o bien a considerarlo aceptable, pero abonable a precio inferior al establecido en el Cuadro de Precios para la unidad de que se trate. En caso de disconformidad en el precio fijado por la Dirección de las Obras, por parte del Contratista, éste solamente tendrá derecho a la opción de demoler el elemento y reconstruirlo íntegramente con las resistencias requeridas.

La densidad o peso específico que deberán alcanzar todos los hormigones no será, en ningún caso inferior a dos enteros, treinta centésimas (2,30) T/m³.

En caso de dificultad o duda por parte de la Dirección de las Obras para determinar esta densidad con probetas o muestras de hormigón tomadas antes de su puesta en obra, se extraerán del elemento de que se trate las que aquella juzgue precisas, siendo de cuenta del Contratista todos los gastos que por ella se motiven.

La relación agua-cemento a emplear deberá ser expresamente autorizada por la Dirección de las Obras, condición que será estrictamente observada en la dosificación de todos los hormigones.

La adición de productos químicos en morteros y hormigones con cualquier finalidad, aunque fuese por deseo del Contratista y a su costa, no podrá hacerse sin autorización



expresa de la Dirección de las Obras, quien podrá exigir la presentación de ensayos y/o certificaciones de características a cargo de algún laboratorio oficial.

Si, por el contrario, fuese la Dirección de las Obras, la que decidiese el empleo de algún producto aditivo o corrector, el Contratista estará obligado a hacerlo en las condiciones que señale aquella, y tendrá derecho al abono de los gastos que por ello se le originen, salvo que la causa del empleo del aditivo fuese atribuible a defecto o conveniencia del Contratista.

6.4 Acero para armaduras

Los aceros cumplirán las especificaciones de la Instrucción EHE. Las armaduras serán corrugadas y el límite elástico no será inferior a 4.100 Kp/cm².

De acuerdo con lo indicado en el PG-3/75, Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes, y sus modificaciones posteriores, que será válido en su artículo 241, conjuntamente con la EHE, el acero a utilizar será aquel cuyas características se han conseguido con el proceso N y se exigirá certificado de homologación del fabricante.

6.5 Encofrados

Se cumplirán las especificaciones del Artículo 680 del PG-3/75.

Podrán ser metálicos o de madera, y en cualquier caso tendrán la rigidez suficiente para que no sufran deformaciones en el vibrado del hormigón ni permitan que escape el mortero por las juntas.

Las caras interiores serán lisas, no admitiéndose aquellas que dejen resaltes o huellas superiores a dos (2) milímetros. La unión de unos encofrados a otros será tal que no permita que refluya la lechada por ningún sitio.

La Dirección de las Obras fijará el número de usos del encofrado según sea de madera o metálico, que en el primer caso no podrá ser mayor de 5.

En particular, cuando se trate de elementos vistos o fuertemente armados, se proscribire que se den más de tres usos. En el caso de encofrado curvo, éste se adaptará



a las formas de los planos, no admitiéndose en ningún encofrado desviaciones superiores a cinco (5) milímetros, ni flechas, en tramos rectos, superiores al uno por mil (0,1%).

Las irregularidades y coqueras que aparezcan serán corregidas siguiendo las indicaciones de la Dirección de las Obras, mediante picados, enlucidos con morteros especiales de resinas epoxi, máquinas pulidoras, etcétera.

6.6. Acero laminado de uso general

El acero laminado será dulce y perfectamente soldable, de características mecánicas y químicas correspondientes a la designación según Norma UNE 36080-I,A-360.

6.7. Tuberías de chapa de acero

Los tubos se fabricarán con chapa de acero laminado de las características químicas y mecánicas correspondientes al grado X 42 de la Norma API-5LX, A-42 de la Norma UNE 36080-I o A-47 de la Norma UNE 36087-I. El espesor mínimo será igual o superior al 0,75% del diámetro interior del tubo. La formación del tubo, deberá hacerse preferiblemente por arrollamiento helicoidal o en caso contrario, dando discontinuidad a las soldaduras entre chapas.

La soldadura eléctrica se realizará a tope con penetración total del cordón que debe asegurar una resistencia igual o superior a la de la chapa. Las cabezas de los tubos se prepararán en taller de acuerdo con el sistema que el Contratista prevea para la soldadura de montaje en obra. La Tubería se protegerá contra la corrosión por inmersión del tubo, previo decapado, en baño de cinc fundido.

Las cabezas de los tubos se protegerán del contacto con el cinc en una banda de cinco (5) centímetros para poder efectuar correctamente y sin peligro de intoxicación la soldadura entre tubos en obra. Si el baño de cinc afecta a la zona de seguridad de cinco centímetros, deberá ser eliminado por medios mecánicos, al mismo tiempo que se biselan las zonas que han de recibir el cordón de soldadura del montaje.

6.8 Otras tuberías



El Contratista podrá proponer, y la Dirección de las Obras aceptar o rechazar libremente, la sustitución de las tuberías de chapa de acero galvanizadas en caliente, por otro tipo de tuberías que ofrezca iguales o mejores características de resistencia, conservación y reparación. En concreto se podrán instalar tuberías de polietileno o fibra de vidrio de acuerdo con lo establecido en este Proyecto.

En todo caso dichas tuberías deberán cumplir todas las especificaciones que para cada tipo de tubería establece el Pliego de Condiciones para tuberías de abastecimiento de agua del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

Para la puesta en obra se cumplirá estrictamente las especificaciones facilitadas por el fabricante.

6.9 Compuertas. Válvulas y piezas especiales

Estas piezas deberán poder soportar una presión de prueba doble de la máxima de trabajo. Los diferentes modelos serán sometidos a la aprobación de la Dirección de las Obras. El acabado será perfecto no admitiéndose irregularidades ni paso de agua en su posición de cierre.

Las válvulas de mariposa deberán ir provistas de su indicador del grado de apertura de la válvula.

6.10 Otros materiales no especificados en el presente Pliego

Cuando sea necesario el empleo de otros materiales distintos a los indicados, los mismos se ajustarán a las normas anteriormente expuestas en el Capítulo Primero o a aquellas otras que no figurando, estén aprobadas con carácter oficial y sean aplicables.

En todo caso se estará a lo que indique la Dirección de las Obras que podrá rechazar los materiales que a su juicio no reúnan las condiciones exigibles para conseguir



debidamente el objetivo que motiva su empleo, y sin que el Contratista tenga derecho a reclamación de abono alguno por esta causa.

6.11 Pruebas y ensayos

Todos los ensayos con los materiales y pruebas que la Dirección de las Obras estime oportuno hacer para cerciorarse del cumplimiento por los mismos de lo dispuesto en este Pliego y normas ya citadas, serán de cuenta del Contratista, siempre que el importe de las mismas no supere el dos por ciento (2%) del Presupuesto y siempre conforme con lo que al respecto indiquen las normas del Capítulo Primero.

Dichos ensayos y el control correspondiente, en lo relativo a hormigones y aceros de armaduras, se ajustarán a la establecido en la Instrucción EHE.

En lo relativo a los demás elementos se estará a lo que para ensayos definen las normas oficiales y las que indiquen en su oferta los distintos fabricantes.

7. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

7.1. Excavaciones

Se distinguen tres tipos de excavaciones:

- Excavaciones para explanaciones y desmontes a media ladera, realizadas con bulldozer o palas cargadoras en todo tipo de materiales, tierras, tránsito, margas e incluso roca, calizas, areniscas y conglomerados. Dicha excavación contempla una ejecución de hasta un 20 % del material en roca.

- Excavaciones en zanja, trinchera o pozo, en todo tipo de terrenos, como el caso anterior, realizadas con máquinas retroexcavadoras, incluso en varias pasadas, y que pueden exigir entibaciones, achiques, desvío de cauces y otras obras auxiliares necesarias.



- Excavaciones en túnel en roca caliza, que puede necesitar entibaciones en zonas de fracturas y fallas localizadas.

Dadas las características de los terrenos, es de prever la necesidad de utilización de explosivos en porcentaje apreciable de los dos primeros tipos de excavaciones, en cuyo caso se utilizarán pequeñas cargas, siempre previa presentación del oportuno plan de actuación.

Se preferirá, siempre que sea posible, la utilización de martillos neumáticos o hidráulicos en el caso de la excavación en trinchera, y el ripado con maquinaria pesada en el caso de desmonte.

La línea del trasdós de las obras de fábrica, que figura en los planos, debe considerarse como un valor medio por lo que cuando el talud sea estable y se hormigone contra el terreno, podrá disminuirse el espesor mínimo de los hormigonados, en las puntas del terreno, hasta llegar a un espesor mínimo del 70% del citado espesor teórico que figura en los planos. Por el contrario, en las excavaciones en tierra o material descompuesto no estable, deben efectuarse las excavaciones con la suficiente amplitud para permitir la construcción de los muros de sostenimiento con encofrado a dos caras, incluyéndose en el precio de la excavación, el relleno del trasdós del muro después del desencofrado.

7.2 Hormigones

La dosificación de los áridos, cemento y agua, se hará en peso exigiéndose una precisión en la pesada de cada uno de los elementos no inferior al dos por ciento (2%). Si el Contratista prevé la adición de aireantes o plastificantes, deberá disponer de un depósito de alimentación en la torre de capacidad no inferior a doscientos (200) litros.

El final de cada pesada deberá ser automático, tanto para los áridos como para el agua y el cemento.

El tiempo de amasado, una vez introducidos los áridos y el cemento en la hormigonera y antes de iniciarse el vaciado de ésta, no será inferior a ochenta (80) segundos, salvo que se empleen hormigoneras rápidas de eje vertical, en cuyo caso el tiempo de amasado se podrá reducir de acuerdo con el resultado de las pruebas que se realicen en la obra.



Se emplearán los medios de transporte para el hormigón adecuados de modo que no se produzca desagregación, evaporación de agua o intrusión de cuerpos extraños en la mezcla.

Se prohíbe el transporte del hormigón mediante canaletas y su caída libre desde alturas superiores a dos metros. No se permitirá, tampoco, el reamasado de la masa por corregir posibles defectos de segregación, ni la adición de agua una vez que el hormigón haya salido de la hormigonera, para corregir posibles problemas de transporte.

Las calidades de los hormigones serán las definidas en el artículo 6.3 del presente Pliego.

Las probetas de hormigón se harán en moldes cilíndricos de 15 centímetros de diámetro por 30 centímetros de altura, tomándose la muestra en los puntos que indique la Dirección de las Obras.

En cualquier caso, es preceptivo que el hormigón se vibre mediante vibradores de frecuencia igual o superior a 6.000 r.p.m. y se deberá cuidar especialmente cerca de los paramentos.

Cada tongada de hormigón se vibrará introduciendo el vibrador en la masa hasta calar en la capa inferior y sacándolo lentamente cuando fluya superficialmente la lechada, de tal forma que quede el hueco dejado por la aguja completamente cerrado.

Todas las fábricas de hormigón, una vez terminadas, serán protegidas contra los cambios de temperatura, no solo para evitar las heladas, sino también contra las desecaciones rápidas por el calor o la acción directa del sol. Las medidas que para estos casos adopten el Contratista, deberán ser previamente aprobadas por la Dirección de las Obras.

Los encofrados habrán de retirarse en el plazo que disponga la Dirección de las Obras, de tal forma que no se arranque al retirarlos, parte de las superficies de hormigón. Para ello el Contratista mantendrá siempre los moldes de encofrado en perfectas condiciones de limpieza y utilización.

Cuando sea necesario o conveniente, tratándose de piezas de hormigón de suficiente longitud, podrá la Dirección de las Obras prescribir el empleo de juntas de dilatación en los sitios y formas que a su juicio mejor convenga.

Es preceptivo el curado del hormigón durante un tiempo no inferior a 7 días. La tolerancia máxima admitida para todas las obras de hormigón será 5 milímetros. El



Contratista someterá a la aprobación de la Dirección de las Obras, los planos de despiece de armaduras, confeccionados de modo que el número de empalmes de barras sea mínimo. Se prohíbe el hormigonado de cualquier elemento con temperaturas inferiores a más cuatro °C.

En ningún caso se podrán hormigonar los elementos armados sin que la Dirección de las Obras o el personal debidamente autorizado por ella, compruebe que las armaduras responden perfectamente en diámetros, calidades, forma, dimensiones y colocación a lo establecido en los Planos del Proyecto y a lo prescrito en la Instrucción EHE.

El Contratista adoptará las medidas constructivas suficientes para asegurar el total relleno de hormigón en las cavidades superiores de los encofrados, en caso de hormigonados contra techos. Se comprobará el contacto entre hormigón vertido y hormigón antiguo u otros techos, y en caso de existir oquedades, el Contratista procederá al relleno de las mismas con inyección de mortero de cemento 1:1, labor que se considera incluida en el precio del hormigón.

7.3 Cargas fratasadas

Se aplicarán con una dotación de 10 litros por metro cuadrado de pared. La adición de impermeabilizantes en caso de necesidad, se hará durante el amasado, mezclándose en el agua en la proporción de 1,2 kg. por metro cuadrado. El amasado se prolongará hasta que toda la masa presente un aspecto uniforme de color y humedad.

No se colocará en obra un mortero cuando haya indicios de que esté iniciado su fraguado. La superficie acabada debe presentar un aspecto uniforme, sin resaltos ni oquedades.

7.4 Azudes de derivación

El azud de derivación y todas las obras del bocal de toma, que figuran suficientemente detalladas en los planos correspondientes, se ejecutarán durante los meses de estiaje previa desviación y entubamiento del caudal, de modo que pueda ejecutarse la excavación con el mínimo de filtraciones a la zanja, y, durante la ejecución de los cimientos y el inicio de los terraplenes o el hormigonado de los cimientos, se mantendrá sin inundación ni corrientes de agua, la zona de obras.



Los terraplenes de la cámara de carga se compactarán hasta alcanzar un grado de compactación equivalente al 95 % Proctor.

Las partes de obra que han de quedar en contacto con el agua y muy especialmente la superficie de vertido del azud, serán tratadas con el máximo cuidado para conseguir un hormigón de la mayor resistencia posible y una superficie perfectamente lisa y sin resaltes que provoquen la erosión durante el vertido.

7.5 Canales y túneles

Se cuidará con especial atención la superficie mojada de los canales y túneles, para lograr el máximo coeficiente de hidraulicidad, no admitiéndose errores de pendiente, que debe ser constante, ni defectos de superficie por mala colocación o movimiento del encofrado.

Se cuidará muy especialmente el curado del hormigón para evitar grietas o fisuras de retracción, que, en caso de aparecer, deberán ser tratadas mediante picado y carga de mortero especial de adherencia máxima y sin ningún tipo de retracción.

7.6 Tuberías

Los tubos serán transportados hasta el lugar del montaje con todo cuidado, evitando en absoluto los golpes. La Inspección de obra revisará los tubos presentados y no permitirá el montaje de ninguno que presente abolladuras u otros signos de golpes.

Las tuberías, instaladas en zanjas, están compuestas por tramos rectos entre codos, que se forrarán contra las paredes de las zanjas mediante los macizos de anclaje definidos en los planos. Los tramos teóricamente rectos se forrarán con zahorras, y en los mismos se tolerarán pequeñas desviaciones entre tubos, inferiores siempre a 1º.

7.6.1. Tuberías de chapa de acero:

En el caso de tuberías de chapa de acero, a medida que se van efectuando las soldaduras de unión de cada tramo, se procederá a la aplicación de tres manos de pintura de cinc, en la zona afectada por la soldadura en el interior del tubo, de las mismas características que la pintura exterior que a continuación se define.



Terminado el montaje de toda la tubería, se forrará la misma dejando libres las uniones soldadas, y se procederá al llenado con agua, efectuándose una prueba de estanqueidad a presión un 40% superior a la máxima presión de trabajo incluido golpe de ariete, y de resultar satisfactoria la prueba, se vaciará la tubería y se procederá a la aplicación de tres manos de pintura en el exterior de las zonas no galvanizadas a afectadas por las soldaduras.

La primera mano de pintura será de cinc metálico con espesor seco de 40 micras; La segunda mano, capa intermedia, será pigmentada con fosfato de cinc, empleándose como tercera mano, de acabado, una pintura de color verde oscuro y características impermeabilizantes, resistente a la intemperie. El resto de la tubería, en los tramos que fuera a quedar descubierta, se pintará también con esta última mano de acabado.

Antes de aplicar cada capa de pintura se debe proceder al lavado con agua de toda la superficie a tratar hasta la total eliminación de barro a suciedad acumulados en la misma. Se eliminará a continuación toda pintura a recubrimiento de cinc que se encuentre parcialmente levantado, así como cuantas oxidaciones existan, todo ello mediante máquinas de cepillar neumáticas o eléctricas, hasta alcanzar un grado de limpieza equivalente al grado ST-3 de las normas suecas SIS-055900, finalizando la operación mediante una limpieza general de soplado con aire comprimido.

7.6.2. Tuberías de fibra de vidrio u otras

En cada caso y según el tipo de tubería se deberán respetar estrictamente las especificaciones del fabricante de la tubería.

7.7 Edificio de la central:

Los planos de la Obra Civil de la central se encuentran suficientemente estudiados y detallados para poder afirmar que no han de sufrir modificación esencial como consecuencia de los datos de la maquinaria que han de ser definidos posteriormente a la vista de las ofertas de los fabricantes y a la adjudicación de la misma. El Contratista se compromete a aceptar las modificaciones que estos datos pudieran exigir, sin variación alguna en los precios unitarios de su oferta.



Si bien no se han efectuado sondeos en los lugares de ubicación de las centrales, el análisis geotécnico de los mismos, hace prever que se alcanzará un terreno firme de suficiente resistencia para las cimentaciones y anclajes, y que los volúmenes y dimensiones de los hormigones de cimientos, serán suficientes para producir el reparto de cargas sobre el terreno sin problemas.

No obstante, el Contratista se comprometerá a introducir las modificaciones que, a la vista del terreno durante las excavaciones, introduzca la Dirección de las Obras, en más a en menos, sin alterar los precios unitarios de su oferta.

Dentro de la obra civil de la central, se incluye el acondicionamiento del acceso a la explanación de la finca, que está definida en los planos de implantación de la central.

8. INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS

8.1 Equipos de Media Tensión

Las instalaciones de Media Tensión, objeto del presente Proyecto, están clasificadas en la Tercera categoría, de acuerdo con el Artículo 3 del vigente Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, ya que las tensiones nominales de servicio serán 6 kV en generación y 13,2/20 KV en la conexión.

Para la realización de este Proyecto se han tenido en cuenta y serán de obligado cumplimiento al efectuar el acopio de materiales, la ejecución y la recepción de las obras, el citado Reglamento sobre condiciones técnicas, las Normas UNE relacionadas en el Anexo RAT 02 del mismo, las Normas VDE para estos materiales, y las Recomendaciones UNESA.

La Dirección de las Obras podrá exigir que el material que se pretenda instalar, aporte los correspondientes certificados de homologación dados por el Ministerio de Industria y Energía.

De acuerdo con lo indicado en el ITC MIE-RAT 12, se especifica para el material de tensión nominal 6 kV, el nivel de aislamiento del grupo A, lista 2, es decir 60 kV cresta, y para el material sometido a 13,2/20 KV nominales, el nivel de aislamiento del grupo B y KV cresta.



Las medidas exteriores de las cabinas metálicas que albergan la aparamenta, son orientativas y pueden proponerse otras siempre que cumplan las condiciones reglamentarias que se recogen en la MIE-RAT 16.

Los transformadores de medida y protección que se incluyen en este Proyecto, cumplirán la Recomendación UNESA 4201 A, en todas sus características.

Los transformadores de potencia deberán cumplir la Norma UNE 20101, y estarán dotados de sonda térmica y relé Buchhold para detección de gases.

8.2 Equipos de Baja Tensión

Se incluyen en este apartado aquellos aparatos, conductores, equipos y pequeño material cuya tensión de servicio es inferior a 1.000 V.

Como en el caso del material de Media Tensión, la autorización para la adquisición, puesta en obra y pruebas finales de recepción, estarán sujetas al cumplimiento riguroso de las Normas UNE, Recomendaciones UNESA aplicables a estos materiales, y fundamentalmente del vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias.

No podrán utilizarse materiales que no hayan obtenido la necesaria homologación del Ministerio de Industria y Energía.

Los cuadros de control se definen con medidas orientativas y poseerán la rigidez mecánica suficiente para no presentar deformaciones de mecanizado, soldadura, etc., y soportar las maniobras de los aparatos que en ellos se dispongan, así como las vibraciones que puedan transmitirles los grupos generadores. En cuanto a señalización, conexionado, tensión de ensayo y colocación en los recintos de central, cumplirán lo indicado en la MIE-RAT 10.

Los equipos indicadores serán verificados antes y después del montaje, y los equipos de medida, contadores y maxímetro, deberán obtener previamente el certificado de verificación oficial de la Consejería de Industria y Energía.

Las centrales, dispondrán, al menos; de dos baterías de acumuladores capaces de suministrar puntas de corriente no inferiores a 20 A y 0,5 s, una de ellas servirá exclusivamente para alimentar los equipos informáticos de control en caso de emergencia.



Ambas estarán alimentadas por dos de los transformadores de tensión de la interconexión. Su instalación y señalización deberá ajustarse a lo indicado en la MIE-RAT 11, y se exigirá certificado de garantía del fabricante.

8.3 Red de tierras

Dada la importancia de la puesta a tierra de las instalaciones eléctricas y esperándose una resistividad entre 300 y 800 Ohmios-metro, es determinante para conseguir unas tensiones de paso y contacto que permitan recibir las centrales; es importante efectuar las mediciones de estas tensiones al iniciar las obras, para adoptar las medidas oportunas, aprovechando las excavaciones para disponer los electrodos que se necesiten, con lo que se reducirán notablemente los costes.

Para todo lo que se refiere a este tema de tierras, se deberá seguir lo indicado en la MIE-RAT 13, y de manera especial lo aplicable a estas obras, de la Guía Técnica sobre Cálculo, Diseño y Medida de instalaciones de puesta a tierra en redes de distribución, publicada por UNESA.

8.4 Pruebas y Ensayo

Cuando la Dirección de las Obras la indique, en su presencia o la de un representante designado por ella, el Contratista efectuará las pruebas o ensayos, de parte o de toda la instalación, con objeto de comprobar su correcto funcionamiento y proceder a su recepción. Los materiales que fuesen necesarios para la realización de los citados ensayos, serán aportados, sin cargo, por el Contratista.

9. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS

Todo lo que, sin apartarse de la idea general del proyecto o las prescripciones ya citadas, se ordene por la Dirección de las Obras, será ejecutado obligatoriamente por el Contratista, aun cuando no esté estipulado expresamente en este Pliego.



9.1 Otras obligaciones del Contratista

Será de cuenta del Contratista, los cobertizos, almacenes, etc. que necesite para la ejecución de las obras, y al final de las mismas deberá retirar todo lo usado y dejar limpios los lugares donde estuvieran situados.

También será de cuenta del Contratista el suministro de energía eléctrica para la ejecución de las obras y sus instalaciones, así como los combustibles, lubricantes, etc.

El Contratista está obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral y social que le sean aplicables.

También está el Contratista obligado a cuidar la estética de las obras y de su entorno, de tal forma que una vez finalizadas, ambos presenten un aspecto armónico y

agradable y queden eliminadas todas aquellas modificaciones medioambientales producidas como consecuencia de las obras que no hayan sido consecuencia directa de las mismas y como tales autorizadas fehacientemente por la dirección de obra modificaciones que quedan expresamente prohibidas salvo autorización expresa de la Dirección de obra.

9.2. Medición y Abono

Referente a las obras civiles, se efectuará por unidades realmente ejecutadas, completamente terminadas y que hayan superado las pruebas de recepción.

En general la medición se realizará sobre perfiles, con las excepciones indicadas en otros lugares de este proyecto o expresamente autorizadas por la Dirección de Obra. Para las líneas aéreas, los cables se medirán entre botellas y deberán estar totalmente terminados con empalmes, botellas o terminales de compresión.

Las instalaciones electromecánicas de la central se certificarán a tanto alzado, llave en mano, incluyendo pruebas y puesta en marcha, debiendo fijarse un programa de pagos parciales, siempre a cuenta de la certificación final, tras la puesta en marcha y conexión a la red.



9.3. Recepción

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director Facultativo de la Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista y para efectuarse, las obras deberán haber superado, en todas sus partes, las pruebas reglamentarias. Esta Recepción será provisional, pudiendo, con la preceptiva autorización de los Organismos competentes, ponerse en servicio el aprovechamiento, comenzando a correr el plazo de garantía a partir de este momento.

El Contratista está obligado a entregar a la Dirección de las Obras, los planos definitivos de la implantación, tanto de Obra Civil como de Instalaciones Electromecánicas, cableado de fuerza, señalización, mando y control, hardware y listados del software, red de tierras y cuanto a juicio de la Dirección de las Obras resulte conveniente para la correcta explotación y mantenimiento de las instalaciones de las centrales.

Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la Obra. En la recepción de la instalación se incluirán los siguientes conceptos:

- Aislamiento. Consistirá en la medición de la resistencia de aislamiento del conjunto de la instalación y de los aparatos más importantes.
- Ensayo dieléctrico. Todo el material que forma parte del equipo eléctrico del centro deberá haber soportado por separado las tensiones de prueba a frecuencia industrial y a impulso tipo rayo.
- Instalación de puesta a tierra. Se comprobará la medida de las resistencias de tierra, las tensiones de contacto y de paso, la separación de los circuitos de tierra y el estado y resistencia de los circuitos de tierra.
- Regulación y protecciones. Se comprobará el buen estado de funcionamiento de los relés de protección y su correcta regulación, así como los calibres de los fusibles.
- Transformadores. Se medirá la acidez y rigidez dieléctrica del aceite de los transformadores.

El plazo de garantía de la central será de 18 meses a contar desde la fecha de su conexión a la red de distribución, sin perjuicio de los plazos establecidos por la legislación vigente para vicios ocultos y defectos de fabricación.



Para aquellas partes o piezas que hubieran tenido que ser reparadas o sustituidas, se comenzará a contar un nuevo plazo de la misma duración a partir de la fecha de reparación o sustitución. Finalizado el período de garantía sin incidencias, se procederá a la recepción definitiva. En caso contrario, el Contratista viene obligado a reparar los defectos de suministros y prestaciones contractuales.

10. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

10.1. Prevenciones generales

Queda terminantemente prohibida la entrada en el local a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave. Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "Peligro de muerte".

En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio al centro de transformación, como banqueta, guantes, etc.

No está permitido fumar, ni encender cerillas, ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua.

No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque esté aislada.

Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta.

Cada grupo de celdas llevará una placa de características con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante.
- Tipo de aparamenta y número de fabricación.
- Año de fabricación.
- Tensión nominal.



- Intensidad nominal.
- Intensidad nominal de corta duración.
- Frecuencia industrial.

Junto al accionamiento de la aparamenta de las celdas se incorporarán, de forma gráfica y clara, las marcas e indicaciones necesarias para la correcta manipulación de dicha aparamenta.

En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro de transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.

10.2. Puesta en servicio

Se conectarán primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador. Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de baja tensión.

Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

10.3. Separación de servicio

Se procederá en orden inverso al determinado en el apartado anterior, o sea, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.



10.4. Mantenimiento

El mantenimiento consistirá en la limpieza, engrasado y verificado de los componentes fijos y móviles de todos aquellos elementos que fuese necesario.

A fin de asegurar un buen contacto en las mordazas de los fusibles y cuchillas de los interruptores, así como en los bornes de fijación de las líneas de alta y de baja tensión, la limpieza se efectuará con la debida frecuencia. Esta se hará sobre banqueta, con trapos perfectamente secos, y teniendo muy presente que el aislamiento que es necesario para garantizar la seguridad personal, sólo se consigue teniendo en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

Si es necesario cambiar los fusibles, se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión. La temperatura del líquido refrigerante no debe sobrepasar los 60 °C.

Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del centro de transformación, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

11. LIBRO DE ÓRDENES

Se dispondrá en el centro de transformación de un libro de órdenes, en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación, incluyendo cada visita, revisión, etc.

CONDICIONES ESPECÍFICAS



ÍNDICE

1. REJA DE FINOS Y LIMPIARREJAS.....	59
2. TURBINA.....	59
2.1. Normas y reglamentos técnicos.....	59
2.2. Descripción de la turbina	60
2.3. Alcance.....	61
2.4. Descripción técnica	63
2.4.1. Compuerta de protección de la turbina	63
2.4.2. Turbina	63
2.4.3. Grupo oleohidráulico	64
2.4.4. Limpieza, preparación de superficies y pintura.....	65
2.5. Garantías, penalizaciones, inspección y pruebas	66
2.6. Penalizaciones.....	67
2.7. Inspección y pruebas	68
2.8. Pruebas y ensayos en taller y en obra	68
3. MULTIPLICADOR	71
4. GENERADOR.....	71
4.1. Normas y reglamentos técnicos.....	71
4.2. Características del generador	72
4.3. Ingeniería	72
4.5. Inspección y pruebas.....	73
5. PUENTE GRÚA.....	76
6. TRANSFORMADOR.....	76
6.1. Códigos y Normas	76
6.2. Condiciones de servicio.....	76
6.3. Características constructivas.....	77
6.4. Características particulares.....	77
6.5. Ensayos y pruebas.....	78
6.6. Documentación requerida	79



7. CELDAS DE 13,2 / 20 KV. SERIE 24/50/125 KV	80
7.1. Celda núm. 1 (SIM-16)	80
7.2. Celda núm. 2 (SGBCB)	80
7.3. Celda núm. 3 (SDM-1C).....	81
7.4. Celda núm. 4 (SGBCD).....	81
7.5. Celda núm. 5 con cierre de malla metálica.....	81
8. ELEMENTOS DE SEGURIDAD	82
9. ARMARIO DE SINCRONISMO, PROTECCIÓN, AUTOMATISMO, REGULACIÓN, ACOPLAMIENTO Y SERVICIOS AUXILIARES	82
9.1. Celda núm. 1 (Sincronismo y protección)	83
9.2. Celda núm. 2 (Automatismo, regulación)	85
9.3. Celda núm. 3 (Potencia generador – Acoplamiento).....	85
9.4. Celda núm. 4 (Servicios auxiliares).....	86
10. ELEMENTOS DE CAMPO.....	86
11. CARGADOR DE BATERÍAS.....	87
11.1 Principales características.....	87
12. MEDIDA DE LA COMPAÑÍA	88
13. PROTECCIONES DE RED.....	88
14. ALUMBRADO NORMAL Y DE EMERGENCIA	90
15. TELEMANDO Y TELEGESTIÓN	91
15.1 Puesto central	91
15.2. Puesto remoto	92
16. INGENIERÍA Y ENSAYOS.....	93
16.1. Alcance suministro de ingeniería.....	93
16.2. Ensayos	93
17. MONTAJE E INSTALACIÓN	94
18. PUESTA EN SERVICIO.....	94



1. REJA DE FINOS Y LIMPIARREJAS

Las rejas están construidas de acero calidad A42b galvanizado. El espacio libre entre pletinas de la reja es inferior a la más pequeña dimensión del circuito hidráulico.

Para la limpieza de las rejas se dispone de un limpiarejas mecánico automático, con sistema de eliminación de broza por agua a presión. El limpiarejas deberá ser de ejecución intemperie, resistente a las bajas temperaturas y heladas.

Las partes que constituyen el limpiarejas son:

- Peine o rastrillo construido de acero A42b.
- Cremallera de arrastre del peine construida de acero F-114.
- Motorreductor de doble movimiento ascendente – descendente.
- Sistemas de detección de obstrucción de la reja por medida de nivel diferencial.
- Canaleta para la recogida de broza, de acero A42b galvanizado.
- Bomba sumergible para limpieza de la broza acumulada en la canaleta.
- Armario eléctrico de maniobra, construido de poliéster prensado reforzado con fibra de vidrio.

2. TURBINA

2.1. Normas y reglamentos técnicos

Todos los equipos llevarán la marca “CE” y estarán provistos de la correspondiente Declaración de Conformidad, de acuerdo con la Directiva del Consejo 89/392/CEE, incluyendo las últimas modificaciones:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
- Normas UNE y en particular la UNE 20113
- Norma VDI-2056 “Criterios para la evaluación de vibraciones mecánicas de las máquinas”
- DIN 2632: Bridas de cuello P.N.10
- DIN 2690: Juntas
- DIN 2501
- DIN 932-1 “Tests for General Properties of Aggregates Methods for Sampling”



PLIEGO DE CONDICIONES. Condiciones Específicas

- DIN 932-2 "Tests for General Properties of Aggregates Part 2: Methods for Reducing Laboratory Samples"
- CEI Publicación 545 "Guide for Commissioning, Operating and maintenance of Hydraulic turbines"
- CEI Publicación 41 "Internationalode for the field acceptance test of Hydraulic turbines"
- AGMA 420.04 "Practice for enclosed speed reducers or increasers using Spur, Helical Herringbone and spiral bevel gears"
- ASME, Sección V (última edición) "Non destructive Examination"
- ASME, Sección IX (última edición) "Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers and Welding and Brazing Operators"
- UNE 48.103 Colores normalizados

En caso de discrepancia entre las reglamentaciones relacionadas en esta especificación, el Contratista dará siempre preferencia a las oficiales españolas vigentes. La aplicación de las normas extranjeras se realizará de tal modo que, en cada caso particular, prevalezca siempre el criterio más estricto.

2.2. Descripción de la turbina

Tipo	Kaplan de doble regulación
Salto neto	4,30 – 4,60 m
Caudal máximo	20 m ³ /s
Caudal mínimo	4 m ³ /s
Velocidad	190 r.p.m.
Potencia máxima	760 KW
Diámetro del rodete	1.900 mm
Altura de aspiración	1 m
Velocidad de embalamiento	395 / 1559 r.p.m.
Carga axial r.p.m. nominales	100 KN
Carga axial r.p.m. embalamiento	130 KN



2.3. Alcance

De forma general, la turbina y servicios incluirán:

Una turbina Kaplan de doble regulación para un caudal máximo de $20 \text{ m}^3/\text{s}$ y su carcasa.

Órgano de guarda de tipo compuerta con accionamiento oleohidráulico para apertura por Servocilindro de simple efecto y cierre por su propio peso. Incluirá mecanismo de indicación de posición con finales de carrera. El Contratista proporcionará la Hoja de datos de la compuerta con todas las características técnicas de la misma.

Ante distribuidor (según fabricante).

Distribuidor fijo con anillo de regulación con alabes directrices.

Rodete Kaplan, con los álabes a definir por el fabricante.

Eje desde el rodete hasta el multiplicador y el sistema completo de estanqueidad.

Cojinetes y Tapa soporte del cojinete.

Anillo de descarga.

Tubo de aspiración completo.

Volante de inercia (según fabricante).

Sistema de frenado de acuerdo con los requisitos y estándar del fabricante.

Sistema oleohidráulico completo, incluida valvulería, instrumentación, tuberías de conexión a los accionamientos, accesorios y cualquier otro elemento necesario para una correcta y fiable operación del sistema. Incluirá el cableado de fuerza y control propio de los elementos hasta la caja de conexión del propio grupo.

Sistema completo de lubricación y refrigeración (según fabricante).

Sistema de detección de velocidad y sobrevelocidad (según fabricante).

Cableado completo de instrumentación y fuerza dentro de los límites del suministro hasta cajas de conexionado.

Sistema completo de drenaje y vaciado de la turbina (según fabricante).



Por otra parte, también formarán parte del contrato:

Será responsabilidad del Contratista, la completa coordinación entre los diferentes fabricantes de todos los elementos incluidos en el proyecto, y especialmente de la coordinación de los trabajos entre el fabricante de la turbina/multiplicador y el fabricante del generador.

Ensayos y pruebas en taller.

Montaje en taller.

Limpieza, preparación de superficies, imprimación y pintura.

Preparación para el transporte, embalaje y carga sobre camión de la turbina y todos sus equipos y componentes.

Transporte hasta el emplazamiento y seguro.

Descarga en obra.

Almacenamiento y mantenimiento en obra hasta la instalación definitiva.

Montaje completo en obra de todos los elementos incluidos todos los medios fijos y móviles de izado y transporte.

Supervisión y dirección de las pruebas y de la puesta en marcha del grupo turbo-generador.

Primera carga de aceites lubricantes y grasas.

Un juego completo de las herramientas especiales de uso no general, que sean necesarias para el montaje, ajuste y mantenimiento de los equipos incluidos en el suministro del vendedor.

Juego completo de piezas de repuestos recomendados para cinco años de operación.

Ingeniería, documentación y manuales de instrucciones de montaje, de operación y de mantenimiento y todos los planos y documentos que sean necesarios para un correcto funcionamiento y mantenimiento futuro.

Cualquier otro equipo, componente, servicio y/o documento que, aunque no citado explícitamente en la relación anterior, sea necesario para un correcto y seguro funcionamiento de la unidad especificada en esta ETS.



2.4. Descripción técnica

2.4.1. Compuerta de protección de la turbina

El órgano de guarda de la turbina consistirá en una compuerta situada aguas arriba de la cámara de carga de las siguientes características:

Compuerta de accionamiento hidráulico con apertura por grupo oleohidráulico y cierre por el propio peso de compuerta.

Número de unidades 1

Carga máxima 10 m.c.a.

Alto total de la compuerta 3,20 m

Ancho de la compuerta 5,05 m

El cierre hidráulico se hará mediante juntas de neopreno en los cuatro lados (cierre a cuatro lados). Estas dimensiones podrían variar en función del diseño definitivo de la turbina.

2.4.2. Turbina

Las características del salto que deberá aprovechar la turbina son las que aparecen en el proyecto, tanto para funcionamiento normal como ecológico.

La turbina funcionará en un rango de máximo rendimiento (a definir claramente en la oferta), teniendo en cuenta las características del aprovechamiento indicadas en el proyecto, y en cualquier caso se maximizará la producción de energía eléctrica.

El grupo actuará siempre acoplado a la red, no requiriéndose el funcionamiento en isla con regulación de frecuencia.

De acuerdo con las características de la conducción y de las limitaciones impuestas a la turbina, el fabricante de esta determinará las leyes de cierre y apertura del distribuidor y de las compuertas de guarda, e incluirá todos los equipos y medios para el cumplimiento de estas condiciones.



El distribuidor será de acero ST-42.2 o superior y constará (en todos los materiales) de paletas directrices de fundición esferoidal con cojinetes libres de mantenimiento.

La tapa soporte del cojinete será de construcción mecosoldada e incluirá brida para soporte y guía del alojamiento del cojinete.

El aro de descarga será de construcción mecosoldada en acero al carbono, dispone de brida para fijación al antedistribuidor.

El rodete será tipo Kaplan con álabes móviles de acero inoxidable GXrNi 13,4, apoyo de paletas sobre casquillo-cojinete de bronce, con servomotor hidráulico interior para ajuste de los álabes y elementos de fijación del rodete al eje. El cubo del rodete será de acero moldeado GS-45.

El mecanismo regulador de las palas del rodete se compone de palancas, bielas articuladas, bulones y casquillos de bronce.

El eje transmitirá el par desde el rodete de la turbina hasta el multiplicador. Será hueco para introducir el aceite de regulación de los álabes del rodete.

Los cojinetes guía dispondrán de un sistema de lubricación por aceite y la correspondiente refrigeración del mismo.

La carcasa será de chapa de acero calidad Rst 42.

El cono de aspiración será de construcción mecosoldada en acero St-42.2.

Se suministrará un sistema de freno oleohidráulico de simple efecto y retorno por resorte y con dos zapatas opuestas, salvo que el fabricante, por las características específicas de su máquina, requiera otro sistema y en este caso el fabricante explicará claramente las características del mismo.

2.4.3. Grupo oleohidráulico

La turbina dispondrá de un grupo oleohidráulico de accionamiento para los siguientes sistemas:

- Álabes del distribuidor
- Álabes del rodete
- Freno
- Compuerta de guarda



El sistema oleohidráulico como mínimo comprenderá los siguientes elementos:

- Acumulador estabilizador.
- Depósito de aceite con elemento de llenado, filtro, venteo, indicador de nivel, purga y drenaje.
- Bombas de aceite con accionamiento eléctrico.
- Tuberías de interconexión, válvulas de retención, de seguridad, de conmutación, de cierre de emergencia, etc.
- Válvulas termostáticas.
- Resistencias de caldeo.
- Electroválvulas para mando de freno, válvulas de guarda y by-pass.
- Válvula proporcional para mando del distribuidor.
- Instrumentación de supervisión y control, incluyendo indicadores locales, remotos y señales de alarma/disparo (por alta temperatura, bajo nivel, etc.) cableados hasta cajas de conexión.
- Panel de señalización local, control y mando (con señales libres).

2.4.4. Limpieza, preparación de superficies y pintura

Las estructuras, soportes, equipos y componentes incluidos en el suministro irán totalmente pintados teniendo en cuenta los siguientes puntos:

Todas las superficies metálicas de acero al carbono se limpiarán mediante chorro de arena silíceo hasta un grado de limpieza SA-3 metal blanco según norma SIS.

Después de la limpieza y antes de que transcurra tiempo para que aparezcan microcorrosiones se aplicarán las siguientes capas de imprimación y pintura:

- 1ª capa de imprimación de 50 micras con pintura epoxi-zinc.
- 2ª capa de imprimación de 80 micras con pintura epoxi.
- 3ª capa de acabado con pintura tipo esmalte-clorocaucho con un espesor mínimo de 40 micras para bancadas, tuberías y soportes.
- 4ª capa de acabado con pintura alquitrán-epoxi de 200 micras de espesor mínimo para las partes sumergidas en agua y todas las superficies mojadas.



La imprimación y pintura se aplicarán cumpliendo los procedimientos del fabricante de la pintura y en ningún caso se realizarán aplicaciones bajo condiciones meteorológicas de humedad adversas. Se prestará especial atención a la temperatura de rocío y bajo ningún concepto se realizarán aplicaciones de pintura sobre metal cuando la temperatura del mismo no sea superior en tres grados centígrados a la del punto de rocío.

Todos los equipos serán retocados una vez lleguen a obra, procediéndose a reparar las partes deterioradas de la pintura durante el transporte. Para ello durante el desarrollo de la ingeniería de detalle de los equipos, el fabricante editará un procedimiento de pintura y reparación que será sometido a la aprobación de la Propiedad o personas delegadas.

En principio, el tratamiento anticorrosivo completo se aplicará en taller, a excepción de la última, o últimas manos de pintura de los elementos que pueden sufrir daños durante el montaje. En cualquier caso, una vez finalizado el montaje, todos los elementos deben quedar con un acabado de pintura perfecto.

2.5. Garantías, penalizaciones, inspección y pruebas

Las garantías adicionales para este equipo serán:

- Cavitación. Garantía de duración no inferior a 5 años de funcionamiento o 30.000 horas contra defectos producidos por cavitación en cualquier elemento del sistema. Al expirar el plazo de garantía, la superficie atacada por cavitación (desgaste superior a 0,5 mm de profundidad) no será superior al 3% de la superficie activa en contacto con el agua. Si transcurrido el plazo de garantía, la superficie atacada por cavitación es inferior del 3% pero superior al 1,5% el contratista estará obligado a repararla por medio de aportación de soldadura, esmerilado y pulido. Si tras esa reparación y transcurrido un nuevo periodo de garantía de 5 años o 40.000 horas se producen cavitaciones en los márgenes citados, el rodete será rechazado. En todo caso, si la superficie cavitada es superior al 3% de su superficie activa, la Propiedad se reserva el derecho de rechazar el rodete. El suministrador quedaría obligado a sustituir el diseño de la instalación por otro que evite la cavitación, cuyo coste correría a su cargo. Este nuevo diseño quedaría sujeto a las mismas garantías que el inicial.

- Equilibrado. El Contratista garantizará los niveles de vibración máximos del equipo.



- Ruido. El Contratista garantizará los niveles de ruido máximos en dB (A), medidos a una distancia de 1,5 metros del equipo.
- Sobrevelocidad. El Contratista garantizará que la sobrevelocidad para cualquier disparo a plena carga de la máquina nunca superará la velocidad de embalamiento para cota mínima de explotación, y asimismo nunca superará en un 25% a la velocidad de régimen de la máquina.

El Contratista debe reparar o sustituir, sin cargo extra, cualquier material defectuoso o defecto de mano de obra encontrado en la instalación, prueba, interconexión, arranque y puesta en marcha del equipo, dentro del periodo de garantía.

El Contratista es el único responsable legal de su suministro. En ningún caso el Contratista quedará eximido de cumplir con las garantías de funcionamiento mecánicas de sus equipos por el hecho de que la Propiedad o personas delegadas participe en:

- Elección de equipos y establecimiento de las especificaciones técnicas.
- Aprobación de planos y/o procedimientos.
- Asistencia y aceptación de pruebas.

Además de las garantías mecánicas y del suministro, indicadas anteriormente, el suministrador indicará y garantizará los caudales, potencias y rendimientos (sin tolerancias).

La potencia a las diferentes cargas, se especificará para los saltos correspondientes.

La potencia mínima se especificará para el caudal técnico mínimo turbinable.

2.6. Penalizaciones

En caso de incumplimiento de potencia o rendimiento durante el periodo de garantía, se aplicará una penalidad del 1% del precio de adjudicación por cada 1% de reducción de potencia o rendimiento, siendo la penalidad máxima aplicable por pérdida de rendimiento del 5%.

En caso de que la reducción de potencia o de rendimiento alcance el 5% la máquina podrá ser rechazada.



2.7. Inspección y pruebas

Deben obtenerse todos los certificados de materiales y la realización de las pruebas y ensayos en taller y en obra con la extensión mínima que se indica a continuación y aquellas necesarias para asumir las garantías contractuales; asimismo todos los equipos y medios para la realización de las pruebas serán por cuenta del Contratista y sin cargo alguno a la Propiedad.

El Contratista deberá entregar los correspondientes protocolos y certificados de todas las pruebas.

La inspección o aceptación por la Propiedad o personas delegadas de los equipos y sistemas auxiliares o de las pruebas que se efectúen, no relevará al Contratista de la responsabilidad de reemplazar por su cuenta cualquier parte que llegara a fallar por defectos de materiales o mano de obra, durante su instalación, interconexión, pruebas de arranque y puesta en operación y mantenimiento hasta el fin de vigencia de la garantía, así como del cumplimiento de las condiciones de operación y de entregar unos equipos que desarrollen de una forma segura las condiciones de operación.

2.8. Pruebas y ensayos en taller y en obra

Los inspectores de la Propiedad deberán revisar y aprobar los certificados de calificación de cada uno de los soldadores. Estos deberán presentar documentación de que han mantenido su calificación durante el tiempo requerido por el código.

El Contratista deberá presentar para aprobación de la Propiedad un plan de control de calidad, en el que incluirán los procedimientos específicos de examen y las normas de aplicación que sean aplicables en cada caso.

En particular se realizarán las siguientes pruebas:

PRUEBAS EN TALLER

- Equilibrado dinámico del rodete.
- Equilibrado dinámico del eje.
- Equilibrado estático del conjunto eje-rodete.
- Dimensionales.



PLIEGO DE CONDICIONES. Condiciones Específicas

- Espesores de protecciones anticorrosivas y pintura.
- Prueba hidráulica de elementos sometidos a presión.
- Prueba hidráulica de la central oleohidráulica.
- Prueba de funcionamiento de la central oleohidráulica.
- Apertura y cierre de válvulas.
- Pruebas de actuación de todos los elementos de protección.

PRUEBAS EN OBRA

Una vez finalizado el montaje en obra se realizarán al conjunto las siguientes pruebas para la recepción provisional de la instalación:

Prueba de funcionamiento de cada uno de los componentes.

Prueba de funcionamiento del grupo completo.

- Arranque.
- Marcha a régimen y desconexión a diferentes cargas.
- Funcionamiento de mando y control.
- Actuación de los elementos de protección, control, señalización y alarmas.
- Medición de vibraciones en el grupo.
- Evaluación de garantías de funcionamiento, rendimientos y potencia.
- Medición de velocidad nominal y de embalamiento.
- Medición de temperaturas en aceites y cojinetes.
- Revisión de cojinetes y comprobación del estado de los mismos.

En el plazo de 18 meses después de realizarse la recepción provisional de la unidad, se realizarán de nuevo las pruebas anteriores. En caso de ser satisfactorias, se daría la recepción definitiva de la instalación. En caso contrario, el Contratista tendría que reparar, sustituir o modificar cualesquiera elementos o subsistemas, como parte integrante de la garantía de la instalación

Además de lo indicado anteriormente, el Contratista, durante la fase de ingeniería, presentará para aprobación de la Propiedad, una lista en la que se enumeren y describan las pruebas y ensayos a realizar en taller sobre los equipos e instalaciones, dentro del alcance de su suministro, y la Propiedad o persona delegada determinará sobre esta lista, las pruebas y ensayos que desea presenciar como testigo.



Estas pruebas y ensayos no podrán dar comienzo hasta la llegada del inspector de la Propiedad o hasta que el suministrador reciba una notificación por escrito comunicando la renuncia de la Propiedad o su representante a presenciar dicha prueba o ensayo.

En esta lista se incluirán como mínimo las siguientes pruebas y ensayos:

Recepción de materiales.

El Contratista entregará certificados de los materiales a emplear. En caso de no poder suministrar estos certificados, o que su comprobación no sea posible, la Propiedad o su representante exigirá la realización de análisis químicos cualitativos de las distintas piezas (al menos una por colada en el caso de planos y perfiles).

Comprobación de que los planos y los perfiles a utilizar tienen una superficie laminada lisa y no presentan duplicaciones, grietas, ni otros defectos que puedan influir en su empleo.

Comprobación de la correcta aplicación del plan de control de calidad propuesto por el Contratista y aprobado por la Propiedad.

Fabricación.

Comprobación del cumplimiento de los procedimientos escritos de soldadura presentados por el Contratista y aprobados por la Propiedad o su representante.

Comprobación de la correcta aplicación de los criterios de calificación de los procedimientos de soldadura, electrodos, tratamientos térmicos y homologación de soldadores, de acuerdo con los requisitos del código ASME Secc. IX.

Comprobación de que las soldaduras presentan un aspecto limpio y homogéneo, sin acumulaciones excesivas ni descuelgues de material de aportación, con aseguramiento de penetración total y que las dimensiones de los cordones corresponden con las que el suministrador indica en sus planos aprobados por la Propiedad.

Comprobación de que las tolerancias, los espesores, dimensiones de los elementos y dimensiones generales de los equipos están de acuerdo con las indicadas en los planos del Contratista aprobados por la Propiedad.

Comprobación de la correcta aplicación del plan de control de calidad propuesto por el Contratista y aprobado por la Propiedad.



3. MULTIPLICADOR

Características del multiplicador

Potencia nominal multiplicador 900 KW

Velocidad del eje lento 190 r.p.m.

Velocidad del eje rápido 750 r.p.m.

Relajación de multiplicación 3,94

Peso 9.500 kg

4. GENERADOR

4.1. Normas y reglamentos técnicos

Los materiales deberán satisfacer al menos las Normas y Reglamentos expuestos a continuación y que estén en vigor en la fecha de la realización de la oferta, bajo reserva de las modificaciones y complementos reflejados en el presente documento.

- Normas UNE y UNE-EN de obligado cumplimiento por el Ministerio de Industria.
- Normas IEC (International Electrotecnial Comission).
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de Transformación.
- Directiva 89/392/CEE y RD 56/95 de 20.01.95, BOE 8.2.95, sobre Seguridad en las Máquinas y Certificado de su cumplimiento.
- Directiva 72/23/CEE y RD 7/88 de 8.1.88 y su modificación por RD 154/95 de 3.2.95, BOE 3.3.95 sobre Mercado y Conformidad CEE y sobre Control Interno en Equipos y Aparamenta de B.T.



- Para nivel sonoro: Norma IEC 34.9.
- Para los ejes: Norma VSM 13.334 “Directives concernant la forme retionelle des arbres”.
- Para las vibraciones: Norma Alemana VDI 2056 “Criteria assessing mechanical vibration of machines”.
- En general cuantas prescripciones figuren en las Normas, Instrucciones o Reglamentos Oficiales que guarden relación con los trabajos del presente proyecto, con sus instalaciones complementarias o con los trabajos necesarios para realizarlas.

4.2. Características del generador

Tipo NA-500-S/8 Asíncrono

Protección IP-23

Eje Inclinado

Potencia eléctrica: 676 kVA (Estimada)

Tensión nominal: $400 \pm 5\%$ V

Frecuencia: 50 Hz

Velocidad eje rápido: 750 r.p.m.

Temperatura ambiente: 40 °C

Clase de aislamiento: F

Clase de calentamiento: B

Refrigeración: IC-01 por aire

Tipo de servicio: Continuo

4.3. Ingeniería

La ingeniería en la implantación en la central incluirá: estudios, cálculos, programas, planos, libros de instrucciones, etc., estando obligado a rehacerlos si a juicio de la Propiedad no son correctos o no alcanzan la precisión adecuada. Toda la documentación emitida por el proveedor se realizará según las normas de esta especificación, en su defecto se seguirán las normas UNE.



La aprobación por parte de la Propiedad o su representante de los documentos técnicos y planos emitidos, no significa liberación en cuanto a los requisitos del contrato y sus posibles consecuencias, ni reparto de responsabilidad con el Contratista.

A petición de la Propiedad o sus representantes, el fabricante acudirá para el adecuado control del generador, a cuantas reuniones sea convocado, pudiendo éstas realizarse en el domicilio de la Propiedad o de sus representantes o en la propia obra.

4.5. Inspección y pruebas

El proveedor será responsable de realizar todas las pruebas e inspecciones requeridas y de notificar a la Propiedad o su representante su realización, de modo que puedan asistir a ellas. En el caso de que la Propiedad o sus representantes no asistan a la prueba, el proveedor le proporcionará toda la información relativa a la preparación, desarrollo y circunstancias de la prueba, incluyendo los respectivos protocolos. No se enviará ningún equipo a la obra sin la autorización de la Propiedad.

Los resultados obtenidos en dichas pruebas serán recogidos en un protocolo, que será remitido a la Propiedad. La aceptación de las pruebas no eximirá al proveedor de sus garantías y responsabilidad de suministrar satisfactoriamente los equipos.

Si el equipo se rechaza en destino (aún después de su instalación y puesta en marcha), se devolverá al proveedor para su sustitución, libre de cargo para la Propiedad.

Para la asistencia a las pruebas a realizar en fábrica, el proveedor avisará por escrito al representante asignado por la Propiedad con diez días de antelación y nuevamente por fax cuatro días antes de que tengan lugar las mismas.

La Propiedad y sus representantes autorizados tendrán libre acceso a las instalaciones del proveedor, con el fin de comprobar el cumplimiento de los requisitos técnicos del suministro, así como las condiciones de desarrollo del contrato.

La Propiedad y sus representantes podrán en cualquier momento rechazar toda o alguna parte de lo ejecutado y/o en ejecución, siempre que la causa de esta decisión se funde en el incumplimiento de las Especificaciones convenidas o en términos de la buena práctica.



PRUEBAS EN FÁBRICA

Se realizarán los ensayos de rutina en fábrica indicados a continuación:

Medida de la resistencia de los devanados en frío.

Verificación de la secuencia de fases y sentido de giro.

Medida de resistencia en frío, en el rotor, en el estator, en los detectores de temperatura y en la excitatriz.

Medida de calentamiento en vacío con rodaje de la máquina (hasta estabilización de temperatura), con comprobación de equilibrado, comprobación de vibraciones y registro de temperaturas en cojinetes.

Medida de las curvas de vacío: 4 puntos por debajo del 60% de U_n (uno a excitación cero), 2 puntos entre el 60% y el 90% de U_n , 4 puntos entre el 90% y el 110% de U_n y 2 puntos entre el 110% y 120% de U_n .

Medidas de las curvas de cortocircuito a U_n , obteniendo la curva de vacío, la curva de cortocircuito y las pérdidas mecánicas y adicionales en carcasa.

Determinación de la intensidad de excitación a plena carga con los valores nominales, de las pérdidas y rendimientos y de reactancias y niveles de cortocircuito.

Medida de la resistencia de aislamiento (antes y después del ensayo de rigidez dieléctrica), en el rotor (bobinado-masa), en el estator (fase-fases) y en la excitatriz (fase-fases).

Ensayos de rigidez dieléctrica en rotor, estator y excitatriz.

Equipos de regulación y factor de potencia.

El proveedor indicará su oferta, las objeciones (si las hubiera) a la realización de alguna de las pruebas indicadas, así como la inclusión de aquellas que considera oportunas y no están expresamente indicadas

NOTA IMPORTANTE: El informe o protocolo de ensayos incluirá el cálculo de incertidumbres correspondientes y copias de los certificados de calibración de los equipos de medida, con vista a demostrar su trazabilidad a la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) o entidad equivalente homologada.



PRUEBAS EN LA CENTRAL

Una vez que se haya completado la instalación de los equipos electromecánicos y de control en la central, se realizará la puesta en marcha y las pruebas de funcionamiento que incluirán las siguientes pruebas al conjunto turbina-generador:

- Funcionamiento (arranque, parada y re arranque, marcha de régimen) a diferentes cargas
- Prueba de calentamiento hasta la estabilización a plena carga.
- Regulación y control.
- Actuación de elementos de protección, control, señalización y alarma.
- Comprobación de la velocidad nominal y de embalamiento.
- Determinación de vibraciones en el conjunto turbina-generador.
- Medida de temperaturas de aceites, devanados y cojinetes.

Durante las pruebas de puesta en marcha de la central, el proveedor mantendrá la presencia de un técnico cualificado en la central, para verificar el correcto funcionamiento de su suministro y la incorporación de este en el resto de los equipos de la central.

Recepción provisional

Una vez realizadas las pruebas se procederá a la fase de recepción provisional. El acta correspondiente no se firmará hasta que los equipos hayan funcionado satisfactoriamente durante 72 horas de funcionamiento continuo, contado desde la puesta en marcha de la central, siempre y cuando las causas de la parada no sean imputables al equipo, acumulando las horas de funcionamiento.

Durante este periodo el proveedor podrá realizar los ajustes que considere necesarios, pero durante la semana final de dicho periodo los equipos suministrados deben funcionar sin que se produzcan anomalías. En caso de producirse estas, se prolongará dicho plazo por una semana adicional, hasta cumplir dicha condición. No se procederá a la firma del Acta de Recepción Provisional sin que la Propiedad o su representante haya recibido y aprobado la documentación final.

Recepción definitiva

La recepción definitiva tendrá lugar a la terminación del periodo de garantía, es decir doce meses después de la firma del Acta de Recepción Provisional.



5. PUENTE GRÚA

Tendrá una capacidad de 8 toneladas, con alimentación a 380 V, 50 Hz y tensión continua de maniobra y mando de 48 V. Será conforme a la DIRECTIVA COMUNITARIA 89/392 CEE y sucesivas enmiendas sobre seguridad en las máquinas e incorporará el marcado "CE".

6. TRANSFORMADOR

6.1. Códigos y Normas

Los transformadores de potencia serán diseñados, fabricados y ensayados de acuerdo con los siguientes códigos y normas:

- Normas UNE 20178 (1986) y 21538-1 (1196)
- Normas IEC 76-1 a 76-5 (1982)
- Documentos de armonización CENELEC HD 538-1 S1 y HD 538-1 S2 relativos a transformadores trifásicos de distribución de tipo seco
- Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI)

Así como cualquier otro código o norma que le sea aplicable y que sea complementario a los anteriores.

6.2. Condiciones de servicio

Todos los componentes, serán adecuados para trabajar bajo las siguientes condiciones:

Variaciones de Tensión $\pm 7 \%$

Variaciones de Frecuencia $\pm 5 \%$

Condiciones ambientales:

Temperatura media A definir por el fabricante

Humedad A definir por el fabricante

Altura de la instalación 823 m.s.n.m.



6.3. Características constructivas

Siempre que no se especifique lo contrario, el transformador será adecuado para su funcionamiento continuo, expuesto a las condiciones atmosféricas señaladas.

El transformador será del tipo seco con bobinados encapsulados y moldeados en vacío con resina epoxy.

Serán diseñados para funcionamiento continuo con la carga nominal, sin rebasar los límites de calentamiento que establecen las normas.

Dispondrá de terminales de puesta a tierra adecuados para cables de cobre de hasta 70 mm².

Los elementos auxiliares de control que requiera el equipo serán cableados a una caja de bornes de dimensiones y grado de protección adecuados

El transformador deberá ser diseñado y construido con la rigidez suficiente, para poder soportar en las condiciones de servicio, los esfuerzos electromagnéticos, tanto en el arrollamiento primario como en el secundario y cualquier posición del conmutador.

Los límites de calentamiento admisibles, tanto para los arrollamientos, como para el líquido aislante, con una temperatura ambiente de 40°C, estarán de acuerdo con las recomendaciones CEI.

El nivel de ruido estará asimismo de acuerdo con la recomendación CEI aplicable.

Los terminales de conexión de cables de media tensión y baja tensión, estarán instalados de manera que los cables acometan al transformador desde la parte superior.

El transformador será suministrado con una envolvente metálica provista de rejillas de ventilación, con protección mínima IP-23.

6.4. Características particulares

El transformador de potencia comprendido dentro de la presente especificación será trifásico seco encapsulado, refrigeración natural AN, con las características siguientes:

Potencia 800 kVA

Tensión primario 13.200/20.000 ± 5% V



Tensión secundario 400/230 V

Conexión Dyn 11

Frecuencia 50 Hz

Refrigeración AN

Calentamiento 100 °C

Los accesorios mínimos a suministrar por el fabricante son:

- Ruedas direccionables a 90º y armario de protección.
- Conexiones de puesta a tierra.
- Equipo de protección térmica con contactos para alarma y disparo.
- Cáncamos de elevación.
- Sistema de puentes para cinco posiciones.
- Envolvente metálica con protección IP-23.

Garantías

El fabricante deberá garantizar el transformador por un periodo de 18 meses a partir de la puesta en marcha de la central.

Embalajes

El embalaje se efectuará de forma que los equipos no sufran deterioro durante el transporte y almacenamiento en obra.

6.5. Ensayos y pruebas

- Todos los ensayos y pruebas, serán presenciados, por la propiedad o técnico designado, salvo indicación en contra, por parte de la propiedad.
- Antes de efectuar los ensayos y pruebas de recepción, serán anunciadas a la Propiedad por lo menos con diez días de antelación.
- Previo a la realización de las pruebas de recepción, el fabricante deberá haber realizado sus ensayos y comprobaciones de rutina con resultado satisfactorio.



- Los ensayos de rutina a efectuarse en los transformadores serán como mínimo los siguientes:
- Medida de resistencia de los arrollamientos
- Medida de relación de transformación y control del grupo de conexión
- Medición de las pérdidas y de la corriente en vacío
- Pérdidas por carga y tensión de cortocircuito
- Ensayo de tensión inducida en ambos devanados
- Ensayo de tensión aplicada en ambos devanados
- Medidas de pérdidas debida a la carga

6.6. Documentación requerida

Se requiere la siguiente documentación:

- Planos indicando las dimensiones del transformador
- Planos de anclaje y fijación
- Lista de materiales con referencia a la marca
- Instrucciones de instalación, operación y mantenimiento
- Protocolos de ensayos
- Certificados de calidad
- Oferta de repuestos para mínimo dos años de servicio
- Programa de fabricación
- Los tres primeros documentos serán enviados a la Propiedad para su aprobación antes de comenzar con la fabricación del transformador.



7. CELDAS DE 13,2 / 20 KV. SERIE 24/50/125 KV

Equipo modular de la gama SF6 compuesto por celdas equipadas con aparataje fija bajo envolvente metálica, que utiliza el hexafluoruro de azufre (SF6) como aislante y agente de corte.

Pintadas en color RAL 9002 (B1) – 9030 (Ng)

Según normas: UNE 20099-100-104-081-139 y CEI 298-129-265-56-694

Este módulo tiene unas dimensiones de L = 3000 mm, H = 1600 mm, F = 1040 mm con la siguiente composición:

7.1. Celda núm. 1 (SIM-16)

- Un seccionador en vacío tripolar, para 24 KV y 400 A, con puesta a tierra y juego de contactos auxiliares.
- 2 mandos para seccionadores.
- 3 aisladores testigo con portavarillas.
- Una caja de señalización LAF-1. Con lámpara de prueba.
- 2 juegos de cerraduras HERPE II.
- Un P.A. cableado, regletero, canalizaciones, puesta a tierra, etc.

7.2. Celda núm. 2 (SGBCB)

- Un seccionador vacío tripolar, para 24 KV y 400 A, con una puesta a tierra y juego de contactos auxiliares.
- 3 transformadores de tensión fabricación ARTECHE, tipo UCL24 13200- 22000/V3 : 110/V3 – 110 V. de 50 VA, C1. 0,5 y 50 VA, C1. 3P, con resistencia de ferresonancia.
- 3 bases de fusibles unipolar.
- 3 fusibles fabricación GARDY tipo DUG-8 de 2,5 A.
- Una placa de pasamuros, tipo PRP-107.
- Un P.A. cableado, regletero, canalizaciones, iluminación, puesta a tierra, etc.



7.3. Celda núm. 3 (SDM-1C)

- Un interruptor automático tripolar FLUARC, tipo SF1, para 24 KV, 630 A, 20 KA, mando eléctrico a 24 Vc.c. GVM. Nivel de aislamiento 125 KV. Ejecución fija. Bobinas de cierre y disparo a emisión de corriente y bobina de mínima tensión con contactos auxiliares para mando y señalización. Mando eléctrico a 24 Vc.c.
- Una placa de pasamuros, tipo PTP-107.
- 3 aisladores soporte fabricación ARTECHE, tipo AR8-125 con portavarillas.
- 2 juegos de cerraduras HERPE II.
- 1 P.A. cableado, regletero, canalizaciones, iluminación, puesta a tierra, etc.

7.4. Celda núm. 4 (SGBCD)

- 3 transformadores de intensidad fabricación ARTECHE tipo ACJ 24, relación 50 / 5-5-5 A lth. 80In, 15 VA en cl. 0,2S, 15VA en cl. 0,5 y 30 VA en cl. 5P10.
- 3 transformadores de tensión fabricación ARTECHE, tipo UCL24, relación 13.200 – 22.000:√3/110:√3-110:√3-110:√3 V, con 25 VA en cl. 0,2 y 50 VA en cl. 3P.
- Una placa de pasamuros, tipo PTP-107.
- 3 aisladores soporte fabricación ARTECHE tipo AR8-125 con portavarillas.
- 2 juegos de cerraduras HERPE II.
- P.A. cableado, regletero, canalizaciones, iluminación, puesta a tierra, etc.

7.5. Celda núm. 5 con cierre de malla metálica

Un transformador trifásico, instalación interior con ruedas para el transporte, llenado integral, refrigeración natural en aceite, conmutador en alta, para ser accionado sin tensión y de las características siguientes:

Potencia	1.000 KVA
V. Primaria	13.200/20.000 ± 2,5 ± 5 % V
V. Secundaria	400 – 230 V
Conexión	Triángulo – Estrella DYN11
Frecuencia	50 Hz
Neutro	Accesible y aislado
Normas	CEI 76



Protección Integrada DGPT2 (Nivel, presión temperatura) con contactos de alarma y disparo. Un transformador de intensidad en neutro, fabricación ARTECHE, tipo IFG-5. Relación 150/5 30 VA Cl. 10P5. Situado en parte inferior del trafo de potencia, junto a la rueda. P.A. embarrados, cierre con red metálica, enclavamientos, etc. Transporte y pequeño material.

8. ELEMENTOS DE SEGURIDAD

- Una pértiga de salvamento.
- Un par de guantes aislantes.
- Un cofre metálico para los guantes.
- Un banquillo aislante para 24 KV.
- Una placa de primeros auxilios.
- 6 placas de peligro electrocución.
- Una caja para alojamiento de fusibles A.T.
- 3 fusibles de repuesto de 24 KV y 2,5 A.

9. ARMARIO DE SINCRONISMO, PROTECCIÓN, AUTOMATISMO, REGULACIÓN, ACOPLAMIENTO Y SERVICIOS AUXILIARES

Un armario construido en chapa de acero laminado en frío, de 2 mm de espesor, pintado interior y exteriormente en color RAL 7.032, o según normas UNE, con el siguiente proceso.

Desengrasado, lavado en frío y secado. Sobre la chapa lleva una capa de pintura en polvo EPOXI polimerizado al horno.

Este armario tiene unas dimensiones aproximadas de L = 3.200 mm, H = 2.000 mm y F= 600 mm, y está compuesto de las celdas con los materiales que se detallan:



9.1. Celda núm. 1 (Sincronismo y protección)

- Un doble voltímetro, fabricación SACI, tipo EC3V7, 2 x 110 V, relación 22.000:√3/110:√3 V Esc 450 V.
- Un doble frecuencímetro fabricación SACI HC3 2 x 110 V. 2(45-55) Hz.
- Un relé de protección sincronismo (25) SEG 3Y/SP 2 x 110 V.
- Un sincroacoplador automático SYNCROTAC-96 con igualador de tensión y frecuencia, control ángulo $\alpha = 0/10^\circ$ y orden de acoplo.
- Bases para relés de neutro.
- Un equipo ENTRELEC para 15 señalizaciones.
- 12 relés auxiliares de mando y señalización.
- Un relé auxiliar temporizado para el 59 V.
- 13 bases para relés UNDECAL.
- 4 pulsadores de mando y control.
- P.A. de bornes de conexión, cableado, canalización, etc.
- Un módulo multifunción para montaje empotrado de dimensiones 352x222x300, 3 x 110 V, X/5 A, 24 V.c.c.

Fabricante MERLIN GERIN

Tipo SEPAM 2000 G13 S35XR

PROTECCIÓN.

- Sobreintensidad fases Código (50/51)
- Sobreintensidad neutro Código (50N/51N)
- Mínima tensión Código (27)
- Mínima tensión directa Código (27D)
- Mínima tensión remanente Código (27R)
- Máxima tensión Código (59)
- Máxima tensión residual/homopolar Código (59N)
- Mínima frecuencia Código (81m)
- Máxima frecuencia Código (81M)



MEDIDA. PARÁMETROS VISUALIZADOS EN PANTALLA FRONTAL

Intensidad de fase. Máxima intensidad de fase. Tensión. Potencia Activa / Reactiva. Maxímetro.

Factor de potencia. Frecuencia. Energía activa y reactiva. Corrientes de disparo. Rotación fases Intensidad residual. Tensión residual

AUTOMATISMOS.

Apertura – cierre. Enganche / Posición. Enclavamiento conexión. Señalizaciones. Selectividad lógica. Vigilancia interna (WD). Contador maniobras. Contador disparos sobre fallo.

COMUNICACIÓN.

Subconjunto MOD BUS para conexión a supervisor equipado con vía de comunicación JBUS con enlace físico tipo RS485 y velocidad 300 – 38400 bds.

Permite mediante la tabla de comunicación efectuar:

- Teleseñalización de entradas, salidas y lógica de mando.
- Telemida de los parámetros antes mencionados.
- Telemando de apertura, cierre, desbloqueo y puesta a cero de máxímetros y corrientes de disparo.
- No permite modificar los parámetros de reglaje de los relés (código ANSI) mencionados en el apartado de protección.

Tres magnetotérmicos de protección para circuito de tensiones de red (3x110), auxiliar y maniobra (24 dc).

Un bloque regletero ID-10E-6I-4T para verificación.



9.2. Celda núm. 2 (Automatismo, regulación)

- 6 contactos de fabricación TEE con sus relés térmicos y contactos auxiliares.
- Un autómata programable fabricación OMRON tipo SYSMAC CQM1-H, 80 entradas, 48 salidas digitales, 16 entradas y 8 salidas analógicas y puertos de comunicación RS-232/485.
- Regulación de velocidad, caudal y nivel por software del autómata programable, con función PID.
- 20 relés auxiliares de mando y señalización.
- 6 relés para sensores de temperatura.
- 26 bases para relés.
- 10 pulsadores de mando y control.
- Un terminal de operador, pantalla táctil OMRON NT30C para configuración de sinópticos, textos de eventos, alarmas y diálogo hombre/máquina. Implementación de software de comunicación J-BUS, MODBUS-RTV.
- 4 relés de umbral tipo TAR-12.
- 2 convertidores para transmisor lineal con salida 4-20 mA.
- Pantalla de indicadores de: velocidad, tipo 138-A de 96x96, posición del rodete y del distribuidor, nivel de agua, temperaturas y Contador horario de 5 dígitos y puesta a cero.
- P.A. de bornes de conexión, cableado, canalización, etc.

9.3. Celda núm. 3 (Potencia generador – Acoplamiento)

- Un seccionador en carga mando frontal con enclavamiento puerta, tipo INTERPACT 1600 A, tripolar de corte visible.
- 7 transformadores de intensidad fabricación SACI, tipo TUP60R. Relación 1500/5 A 15 VA en clase 1.
- Un interruptor automático tripolar en bastidor abierto M/G tipo MASTERPACT NI20, 2000 A, 65 KA a 415 V, mando eléctrico, con bobinas de cierre y apertura a 24 V.c.c. y de mínima tensión a 220 V.c.a. con protección electrónica incorporada SRT328.
- P.A. de embarrados, canalización, cableado, regletero, etc.



9.4. Celda núm. 4 (Servicios auxiliares)

- Un interruptor automático tripolar, fabricación F&G tipo F125, A0345, 80+125 A, para el condensador fijo de corrección trafo en vacío.
- Un interruptor automático tripolar, fabricación F&G tipo F125, A0345, 80+125 A, para SS.AA.
- Un disyuntor magnetotérmico tripolar fabricación TEE de cada tipo: GV2-M14 regulable 6-10 A, GV2-M104 regulable 4-6 A, GV2-M8 regulable 2,5-4 A, GV2-M07 regulable 1,6-2,5 A.
- 2 interruptores diferenciales, tetrapolares fabricación F&G de 40 A. y 300 mA, y otros 2 de 25 A. 30 mA.
- Tres disyuntores magnetotérmicos tripolares de fabricación F&G de 25 A., de 16 A. y de 10 A.
- 8 disyuntores magnetotérmicos tripolares fabricación F&G de 6 A. y 2 de 2 A. con contacto de señalización.
- Un voltímetro fabricación CELSA, tipo EQ 96s, escala 0-400 V.
- 3 amperímetros fabricación CELSA, tipo EQ 96s. Relación 800/5 A, escala 0- 800 A. y un amperímetro fabricación CELSA, tipo EQ 96s. Relación 125/5 A, escala 0-150 A.
- Un transformador de intensidad fabricación CELSA, relación 125/5 A.
- 3 transformadores de tensión fabricación CELSA, relación 400: $\sqrt{3}$ /110: $\sqrt{3}$ V.
- Un condensador trifásico fabricación BCR tipo MKP-EC-4420, de 20 KVAR a 400 V. Compensación trafo.
- P.A. de embarrados, canalización, cableado, regletero, etc.

10. ELEMENTOS DE CAMPO

- Un transmisor de nivel ultrasónico MILLTRONICS-MINIRANGER/PLUS con sonda XRS-8 24 V.c.c. 0-8 mts, salida procesada 4-20 mA con indicador de parámetros en pantalla LCD.
- 6 metros de cable especial para sonda.



- Un tubo protector para alojamiento de sonda.
- 2 transmisores lineales de posición LWH/4,5 KR.
- 2 captadores pulso PEPPEREL MJN/8/E/M14.
- 3 protectores de sobretensiones DHEN-36.
- Pequeño material.

11. CARGADOR DE BATERÍAS

Un equipo cargador rectificador de c.c. alimentado a 230 V.c.a. con dispositivo de carga rápida y flotación conmutadas. Sistema de control de tensión continua en salida y relés de mínima tensión y de vigilancia de aislamiento para los circuitos de continua. En la puerta del armario irán situados los aparatos de medida, señalización, etc.

11.1 Principales características

Tensión de alimentación	230 V.c.a. 10 %
Tensión nominal batería	24 V.c.c. 10 %
Intensidad de consumo permanente	10 A
Intensidad de carga	15 A
Capacidad de la batería	70 Ah
Tipo de descarga	Media
Ventilación	Natural
Tipo de batería	Plomo hermético



12. MEDIDA DE LA COMPAÑÍA

- Un armario para el alojamiento de los contadores de medida fabricación HIMEL, tipo PL 107 NA/4, con tejadillo y placa de montaje metálica.
- Un contador electrónico combinado, para la medida de la energía activa y reactiva, en dos direcciones, fabricación LANDIS&GYR, tipo ZMB 405 CT647 a2eCSr14ar14a. Instalación trifásica a cuatro hilos, con minutería de simple tarifa para cada dirección y cada tipo de energía; provisto de contacto de señalización del sentido de la energía y de emisor de impulsos. Estará conectado a transformadores de tensión y de intensidad de relación $X/110:\sqrt{3}$ V y $X/5$ A; cl. 0,5 en activa y cl. 2 en reactiva.
- Un registrador de medida LANDIS RMT, tipo RMTi.bf6.M, para un contador.
- 2 relés electrónicos fabricación LANDIS&GYR, tipo KLN2.2UF3LS a 110 V.c.a.
- Un bloque de pruebas fabricación MYS, tipo BP-7 para siete circuitos.
- Un bloque de pruebas fabricación MYS, tipo BP-4 para cuatro circuitos.

13. PROTECCIONES DE RED

Un módulo multifunción para montaje empotrado de dimensiones 352x222x300, 3x110 V, X/5 A, 24 V.c.c.

Fabricante MERLIN GERIN

Tipo SEPAM 2000 B02 S35XR

PROTECCIÓN.

Sobreintensidad fases Sobreintensidad neutro Mínima tensión Mínima tensión directa. Mínima tensión remanente. Máxima tensión. Máxima tensión residual / homopolar. Mínima y Máxima frecuencia



MEDIDA. PARÁMETROS VISUALIZADOS EN PANTALLA FRONTAL.

Intensidad de fase. Máxima intensidad de fase. Tensión. Potencia activa / reactiva. Maxímetro. Factor de potencia Frecuencia Energía activa Energía reactiva. Corrientes de disparo. Rotación fases Directo / Inverso. Intensidad residual Tensión residual.

AUTOMATISMOS.

Apertura – cierre. Enganche / Posición. Enclavamiento conexión. Señalizaciones. Selectividad lógica. Vigilancia interna (WD). Contador maniobras. Contador disparos sobre fallo

COMUNICACIÓN.

Subconjunto MOD BUS para conexión a supervisor equipado con vía de comunicación JBUS con enlace físico tipo RS485 y velocidad 300 – 38400 bds.

Permite mediante la tabla de comunicación efectuar:

- Teleseñalización de entradas, salidas y lógica de mando.
- Telemida de los parámetros antes mencionados.
- Telemando de apertura, cierre, desbloqueo y puesta a cero de máxímetros y corrientes de disparo.
- No permite modificar los parámetros de reglaje de los relés (código ANSI) mencionados en el apartado de protección.

Tres magnetotérmicos de protección para circuito de tensiones de red (3x110), auxiliar y maniobra (24 dc).

Un bloque regletero ID-10E-6I-4T para verificación.



14. ALUMBRADO NORMAL Y DE EMERGENCIA

ALUMBRADO INTERIOR

- 8 unidades de punto de luz formado por luminaria TCS 129 N y lámparas 2x58 TLD 58/84, fabricación PHILIPS. Incluido suministro de parte proporcional de cableado, conducciones, mecanismo de encendido, pequeño material y piezas especiales.

- 5 unidades de punto de luz de emergencia, formado por luminaria y lámpara, fabricación SAFT URA, con autonomía de cableado, conducciones, mecanismo de encendido, pequeño material y piezas especiales.

ALUMBRADO EXTERIOR

- Un aparato estanco en material termoestable, color negro. Reflector de aluminio matizado interior. Rejilla abisagrada. Protección IP53. Lámpara de 60 W. cableado, conducciones, mecanismo de encendido, pequeño material y piezas especiales.

- 4 proyectores INDALUX en tapa de aleación ligera inyectada, con reflector de aluminio anodizado, y auxiliares, modelo 600 IZX-C, con lámpara de alógenos de 250 W previamente instalada. Cableado, conducciones, mecanismo de encendido, pequeño material y piezas especiales.

- Una célula fotoeléctrica RODMAN, tipo RF-10, de alta sensibilidad. Actúa entre 30 y 50 lux. Cableado, conducciones, mecanismo de encendido, pequeño material y piezas especiales.

- Tomas de corriente de superficie, CETAC III+T de 63 A.

- Tomas de corriente de superficie, CETAC III+T de 32 A.

- 5 tomas de corriente de superficie, SCHUKO II+T de 16 A.

- 2 bases de enchufes tipo 3018 de 16 A. EUNEA.

- Pequeño material.



15. TELEMANDO Y TELEGESTIÓN

Para la realización del telecontrol de la minicentral, se ha previsto un sistema de comunicación a través de módem telefónico, vía red telefónica convencional, incluyendo los equipos siguientes:

15.1 Puesto central

ESTACIÓN REMOTA:

- Suministro de un sistema de telegestión en formato de RACK, con capacidad para seis entradas digitales directas más 194 informaciones a recoger vía JBUS o MODBUS mediante dos puertos de comunicaciones, con CPU para la gestión de los datos, módem incorporado, alimentación a 220 V.c.a., batería de 12 V.c.c.
- Protectores de sobretensión en la línea telefónica y en la alimentación de red. Caja metálica con protección del RACK.
- Se incluye también un módulo de voz (duración hasta 3 minutos) para transmisión de alarmas.
- La estación remota estará totalmente configurada y preparará para la conexión al autómatas de control (PLC) de la minicentral y a los equipos de protecciones del tipo SEPAM (parámetros eléctricos).
- El software de la estación comprende:
 - Adquisición, tratamiento y restitución de las informaciones.
 - Traslado de alarmas por red telefónica conmutada.
 - Históricos fechados (archivo TM/TL cada 10 minutos).
 - Cálculo de balances diarios

PROGRAMA PARA ACCESO A DISTANCIA DE ESTACIÓN REMOTA:

Programa de supervisión y recogida de datos (SCADA) PCwin.



PLIEGO DE CONDICIONES. Condiciones Específicas

- PCwin funciona bajo entorno Microsoft Windows con un ordenador PC compatible. Concebido y desarrollado en lenguaje objeto, multiárea, 32 bits, cliente / servidor y multimedia.
- Ofrece un gran conjunto de funciones:
- Sinópticos, gráficos animados, multimedia (sonidos, textos, imágenes, video).
- Gestión totalmente integrada de Excel (tablas, curvas, etc.), base de datos al Access estándar, gestión de documentos Word.
- Gestión de alarmas, visualización en tiempo real de las activas.
- Gestión de las ediciones sobre impresora.
- Tratamientos automáticos sobre calendarios (llamadas a las estaciones remotas, ediciones en impresora de informes, etc.).
- Montaje e integración en cualquier tipo de red Windows.

Se incluye también módem telefónico para conexión al ordenador.

- Un ordenador personal.
- Una impresora de alarmas.
- Un equipo de alimentación ininterrumpida tipo UPS 1000.
- Un módem telefónico.
- Un software de comunicación (con licencia PC-ANYWHERE).
- Un software de parametrización y tratamiento de datos SCADA (con licencia PC-WIN) visualizador local, gráficos y alarmas, etc.
- P.A. de cables de conexionado y alimentación.
- Transporte y pequeño material

15.2. Puesto remoto

- Un ordenador personal.
- Una impresora de alarmas.
- Un módem telefónico.
- Un software de comunicación (con licencia PC-ANYWHERE).
- Un software de tratamiento de datos (con licencia SOFTTOOLS).
- P.A. de cables de conexionado y alimentación.



16. INGENIERÍA Y ENSAYOS

Estas condiciones de ingeniería son de aplicación en todos aquellos suministros de unidades constructivas integradas, tales como: celdas M.T., equipos de sincronismo y protección, automatismo y regulación, acoplamiento, etc.

Coordinación con otros suministradores (turbina, generador, multiplicador) para implementación de equipos e interface de montaje.

16.1. Alcance suministro de ingeniería

- Se entregarán dos copias de los documentos que se relacionan incluyendo reproducible y soporte CD.
- Lista de aparatos recogiendo: posición, descripción, tipo y localización.
- Lista de cableado.
- Especificación de características constructivas básicas.
- Esquemas de control desarrollados y regleteros de bornes de entrada-salida.
- Protocolo de ensayos para pruebas de aislamiento, rigidez y ensayos funcionales.
- Libro de instrucciones.

16.2. Ensayos

Terminada la construcción y completado el montaje y cableado de los aparatos en los armarios, y celdas se realizarán los siguientes ensayos:

EN LOS ARMARIOS

- Examen general de los equipos.
- Comprobación del funcionamiento de aparatos de medida, dispositivos de accionamiento, etc. en condiciones de servicio simuladas.
- Ensayos de rigidez dieléctrica: todo el cableado y los aparatos conectados a tensiones superiores a 60 V se someterán a una tensión de ensayo de 1500 V (Valor eficaz), 50 Hz, durante un minuto, entre circuitos conductores y entre estos y tierra.
- Control de funcionamiento de los equipos electrónicos.



EN LAS CELDAS

- Examen individual de los elementos montados en celdas.
- Ensayos individuales de las celdas.
- Ensayo de tensión en seco a frecuencia industrial.
- Ensayo de tensión en circuitos auxiliares.
- Verificación de cableado.
- Ensayos de rigidez dieléctrica del cableado y aparatos.

EN LAS INSTALACIONES

- Comprobación de continuidades en circuitos.
- Ensayo de rigidez y aislamiento.
- Comprobación de resistencia de los circuitos de tierras establecidos.
- Tensiones de paso y contacto.

17. MONTAJE E INSTALACIÓN

De equipos y materiales relacionados en los apartados anteriores, incluyendo la mano de obra precisa para ello y gastos de personal.

18. PUESTA EN SERVICIO

Puesta en servicio de la minicentral mediante la realización de las pruebas operacionales siguientes:

Comprobación de funcionalidad de los sistemas.

- Ensayo de protecciones de red, parametrización de relés y registro de disparos.
- Regulación de parámetros turbina (Distribuidor, Rodete, Nivel y Caudal).
- Verificación de potencias generación y rendimientos del sistema.
- Protocolo de explotación y gestión.



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**



UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ÁVILA

-GRADO INGENIERÍA CIVIL –

DISEÑO DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS.

MODELO DE APROVECHAMIENTO EN EL RÍO BERNESGA (LEÓN).

Documento 4: PRESUPUESTO

Autor: REBECA DÍAZ MUÑOZ

Tutor: Dr. Pedro Huerta Hurtado



ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

ESTADO DE MEDICIONES.....	3
CUADRO DE PRECIOS Nº 1.....	68
CUADRO DE PRECIOS Nº 2.....	83
PRESUPUESTO GENERAL.....	127
1. OBRA CIVIL DE LA MINICENTRAL.....	128
2. EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS.....	137
3. SEGURIDAD Y SALUD.....	142
4. PRESUPUESTO GLOBAL. RESUMEN.....	151

ESTADO DE MEDICIONES



Código	Ud	Resumen	N	Longitud	Anchura	Altura	Parcial Cantidad
C01		OBRA CIVIL DE LA MINICENTRAL					
C01.01		ACCESO, URBANIZACIÓN Y JARDINERÍA					1,00
E1101005	m2	DEMOLICIÓN PAV. EXIST. Demolición de pavimento existente y transporte a vertedero.					529,75
O1100002	h.	Capataz					0,036
O1100007	h.	Peón ordinario					0,055
M1100013	h.	Excav.hidr.neumáticos 100 CV					0,041
M1100022	h.	Martillo rompedor hidra. 600 kg.					0,040
M1100016	h.	Retrocargadora neum. 75 CV					0,010
M1100026	h.	Camión basculante 4x4 14 t.					0,020
%6	%	Costes indirectos					0,036
		Carril bici	1	88,000	2,500	0,000	220,000
		Losa césped	1	88,500	3,500	0,000	309,750
						E1101005	529,75
E0109009	Ud.	RETIRADA, ACOPIO Y RECOLOCACIÓN BÁCULO DE LUZ Retirada, acopio y recolocación de báculo de luz existente. Incluso parte proporcional de anclajes y sustentación.					1,00
O1100004	h.	Oficial segunda					0,500
O1100007	h.	Peón ordinario					0,500
M1200001	H	Grúa telescópica s/ camión 20 Tn					2,000
%6	%	Costes indirectos					1,234
			1	0,000	0,000	0,000	1,000
						E0109009	1,00
							E0101011



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

TERRAPLEN CON MATERIAL							3.183,29
PROCEDENTE DE PRESTAMO							
		Terraplén con productos procedentes de préstamo, para la construcción del núcleo y cimientos, incluso transporte, extensión, humectación y compactación.					
O1100002	h.	Capataz					0,012
O1100007	h.	Peón ordinario					0,076
M1100036	h.	Motoniveladora de 200 CV					0,002
M1100014	h.	Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3					0,002
M1100026	h.	Camión basculante 4x4 14 t.					0,060
M1100033	h.	Cisterna agua s/camión 10.000 l.					0,001
M1100039	h.	Rodillo vibr.autopr.mixto 7 t.					0,008
P1100152	m3	Suelo préstamo					1,000
%6	%	Costes indirectos					0,045
		Rampa acceso al paseo	1	34,000	17,000	0,000	578,000
			1	13,200	22,000	0,000	290,400
		Relleno aguas arriba ataguía	1	19,000	17,000	2,350	759,050
		Relleno para ejecución de pantallas	0	0,000	0,000	0,000	0,000
		Minicentral	1	10,300	9,000	6,000	556,200
		Paseo	1	122,540	6,000	0,000	367,620
		Aguas arriba	1	110,540	6,000	0,000	331,620
		Aguas abajo	1	81,000	3,000	0,000	243,000
			1	4,860	4,860	4,860	57,396
						E0101011	3.183,29
7E0101000	m3	TERRAPLEN CON MATERIALES PROCEDENTE DE LA EXCAVACION Terraplén con productos procedentes de la excavación, para la construcción del núcleo y cimientos, incluso transporte, extensión, humectación y compactación.					1.138,80
O1100002	h.	Capataz					0,010
O1100007	h.	Peón ordinario					0,005
M1100036	h.	Motoniveladora de 200 CV					0,010
M1100014	h.	Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3					0,002



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

M1100026	h.	Camión basculante 4x4 14 t.						0,005
M1100033	h.	Cisterna agua s/camión 10.000 l.						0,001
M1100039	h.	Rodillo vibr.autopr.mixto 7 t.						0,008
%6		Costes indirectos						0,01
		Cruce río	1	50,000	7,000	2,000	700,000	
		Relleno paseo a su cota original	1	13,400	7,000	2,000	93,800	
			1	20,000	6,000	2,000	240,000	
			1	15,000	7,000	2,000	105,000	
							E0101000	1.138,80
E0101001	m3	EXCAVACIÓN PARA EL VACIADO DE LA MINICENTRAL						651,37
		Excavación para el vaciado de la minicentral, incluso transporte a vertedero o lugar de empleo.						
O1100002		Capataz						0,060
O1100007	h.	Peón ordinario						0,120
M1100016	h.	Retrocargadora neum. 75 CV						0,120
%6	%	Costes indirectos						0,055
		Dentro de la minicentral	1	9,300	6,800	10,300	651,372	
							E0101001	651,37
E1101001	m3	EXCAVACIÓN DESMONTE						3.765,89
		Excavación a cielo abierto con transporte de material a vertedero o lugar de empleo e incluso agotamiento.						
O1100002	h.	Capataz						0,009
M1100011	h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV						0,009
M1100027	h.	Camión basculante 6x4 20 t.						0,030
%6	%	Costes indirectos						0,021



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

		Rebaje paseo hasta cota de la minicentral	1	13,400	7,000	2,000	93,800	
			1	20,000	6,000	2,000	240,000	
			1	15,000	7,000	2,000	105,000	
		Paseo al lado del azud	1	122,54	6,000	0,000	367,620	
		Relleno ejecutado aguas arriba para demolición de azud	1	110,54	6,000	0,000	331,620	
		Aguas abajo para demolición de azud	1	81,000	3,000	0,000	243,000	
			1	4,860	4,860	4,860	57,396	
		Cruce de río	1	50,000	7,000	2,000	700,000	
		Relleno aguas arriba ataguía	1	19,000	17,000	2,350	759,050	
		Rampa de acceso	1	34,000	17,000	0,000	578,000	
			1	13,200	22,000	0,000	290,400	
							E1101001	3.765,89
E0101008	m3	DEMOLICIÓN OBRA HORMIGÓN EN MASA Demolición de obra de hormigón armado o en masa, incluso retirada, carga y transporte de escombros a vertedero.						305,89
O1100006	h.	Peón especializado						0,400
O1100007	h.	Peón ordinario						0,400
M1100017	h.	Compre.port.diesel m.p. 5 m3/min						0,700
M1100019	h.	Martillo man.perfor.neum. 20 kg.						0,700
%6	%	Costes indirectos						0,119
		Azud	1	9,000	5,860	4,000	210,960	
			1	9,000	5,860	3,600	94,932	
							E0101008	305,89
EC003308	m3	DESMONTAJE DE ESCOLLERA Desmontaje de escollera hormigonada, incluso acopio de material.						60,00
O1100002	h.	Capataz						0,015



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

M1100011	h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV					0,015
M1100019	h.	Martillo man.perfor.neum. 20 kg.					0,100
M1100027	h.	Camión basculante 6x4 20 t.					0,160
%6	%	Costes indirectos					0,081
			1	15,000	1,000	4,000	60,000
							EC003308
							60,00
E1112002	m2	SIEMBRA CESPED Siembra de césped					410,25
O1100029	h.	Oficial 1ª jardinería					0,078
O1100030	h.	Peón jardinería					0,161
M1100043	h.	Motocultor 60/80 cm.					0,040
P1100149	kg	Mezcla sem.césped rústico 3 vari					0,040
P1100147	kg	Abono mineral NPK 15-15-15					0,025
P1100145	m3	Mantillo limpio cribado					0,007
%6	%	Costes indirectos					0,030
		Zona verde	1	25,000	1,750	0,500	21,875
			1	21,500	2,500	0,500	26,875
			1	24,000	4,000	0,000	96,000
		Losa césped	1	88,500	3,000	0,000	265,500
							E1112002
							410,25
EC003309	ml	DESMONTAJE RED DE RIEGO					40,00
O1100007	h.	Peón ordinario					0,500
%6	%	Costes indirectos					0,048
							EC003309
							40,00



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

E0206011	Ud	REPOSICIÓN RED DE RIEGO Conjunto de tuberías, accesorios y equipos de riego, para la adaptación de la red existente a las necesidades de las nuevas zonas a regar.						1,00
EC003301	m2	GEOTEXTIL DE 200 g./m2						31,41
O1100007	h.	Peón ordinario						0,010
PC00101	m2	Geotextil de 200 gr./m2						1,000
%6	%	Costes indirectos						0,016
			1	5,500	5,710	0,000	31,405	
							EC003301	31,41
EC003303	ml	DESMONTAJE DE BALAUSTRADA. Desmontaje y acopio de balaustrada.						13,00
O1100005	h.	Ayudante						0,200
O1100007	h.	Peón ordinario						0,200
M1100017	h.	Compre.port.diesel m.p. 5 m3/min						0,100
M1100015	h.	Retrocargadora neum. 50 CV						0,150
M1100026	h.	Camión basculante 4x4 14 t.						0,100
%6	%	Costes indirectos						0,116
			1	13,000	0,000	0,000	13,000	
							EC003303	13,00
EC003302	ml	BALAUSTRADA RED. HOR. BLANCO Recolocación de balaustrada existente.						13,00
O1100009	h.	Cuadrilla F						1,000
O1100004	h.	Oficial segunda						1,000



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

O1100007	h.	Peón ordinario					1,000
						O1100009	1,000
A01OF006	M3	MORT. BAST.CAL 1/1/6 BL-II 42,5 R					0,001
		M3. Mortero bastardo con cemento BL-II 42,5 R blanco, cal apagada y arena de río de dosificación 1/1/6 confeccionado con hormigonera de 250L					
O1100007	h.	Peón ordinario					2,200
M1100009	h.	Hormigonera 200 l. gasolina					1,000
P1100019	t.	Cemento blanco BL-V 22,5 sacos					0,220
A01AF001	M3	CAL APAGADA EN PASTA AMASADA					0,165
		M3. Cal viva apagada en pasta, amasada manualmente según NTE-RPG.					
O1100007	h.	Peón ordinario					3,000
P1100154	Tm	Cal apagada					0,350
P1100023	m3	Agua					0,700
						A01AF001	0,165
P1100008	m3	Arena de río 0/5 mm.					0,980
P1100023	m3	Agua					0,170
%6	%	Costes indirectos					0,654
						A01OF006	0,001
%6	%	Costes indirectos					0,221
			1	13,000	0,000	0,000	13,
						EC003302	13,00



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

EC003304	ml	DESVÍO PROVISIONAL DE CANALIZACIÓN ELÉCTRICA Desvío provisional de canalización eléctrica.					40,00
O1100003	h.	Oficial primera					0,100
O1100007	h.	Peón ordinario					0,100
U39GK010	MI	Tubo PVC corrugado =90 mm					2,000
P1100009	m3	Arena de miga cribada					0,108
M1100015	h.	Retrocargadora neum. 50 CV					0,050
M1100026	h.	Camión basculante 4x4 14 t.					0,024
%6	%	Costes indirectos					0,069
			1	40,000	0,000	0,000	40,000
						EC003304	40,00
EC003305	ml	REPOSICIÓN CANALIZACIÓN ELÉCTRICA Reposición de canalización eléctrica.					38,00
O1100003	h.	Oficial primera					0,100
O1100007	h.	Peón ordinario					0,100
U39GK010	MI	Tubo PVC corrugado =90 mm					2,000
P1100009	m3	Arena de miga cribada					0,108
M1100015	h.	Retrocargadora neum. 50 CV					0,050
M1100026	h.	Camión basculante 4x4 14 t.					0,024
%6	%	Costes indirectos					0,069
			1	38,000	0,000	0,000	38,000
						EC003305	38,00



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

EC003306	ml	REPOSICIÓN DE LOSA CESPED	88,50
E0114004	ml	BORDILLO HORM.RECTO 10x20 CM. ML. Bordillo prefabricado de hormigón de 10x20 cm., sobre solera de hormigón HM-20 N/mm2. Tmáx. 40 de 10 cm. de espesor, incluso excavación necesaria, colocado.	2,000
U01AA010	Hr	Peón especializado	0,160
E0101018	M3	MORTERO CEMENTO 1/6 M-40 M3. Mortero de cemento CEM II/A-P 32,5 R y arena de río de dosificación 1/6 M-40 confeccionado con hormigonera de 250 l.	0,001
O1100007	h.	Peón ordinario	2,160
P1100017	t.	Cemento CEM II/A-P 32,5 R sacos	0,250
P1100008	m3	Arena de río 0/5 mm.	1,100
P1100023	m3	Agua	0,255
M1100009	h.	Hormigonera 200 l. gasolina	1,000
		E0101018	0,001
U37CE001	MI	Bordillo hormigón recto 10x20	1,000
E0102001	m3	HORMIGÓN EN MASA HM-15 Hormigón en masa, tipo HM-15 de limpieza de R.C. 15 N/mm2, colocado.	0,010
O1100002	h.	Capataz	0,100
O1100004	h.	Oficial segunda	0,200
O1100007	h.	Peón ordinario	0,200
M1100009	h.	Hormigonera 200 l. gasolina	0,200



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

M1100044	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm					0,200
P1100026	m3	Hormigón HM-15 central					1,100
%6	%	Costes indirectos					0,685
						E0102001	0,010
%6	%	Costes indirectos					0,048
			1	2,000	0,000	0,000	2,000
						E0114004	2,000
E0114005	m3	ZAHORRA ARTIFICIAL M3. Zahorra artificial, incluso extensión y compactación en formación de bases.					0,450
O1100002	h.	Capataz					0,050
O1100007	h.	Peón ordinario					0,500
P1100010	M3	Zahorra artificial					1,150
M1200003	H.	Equipo extend.base,sub-bases					0,010
M1100025	h.	Camión basculante 4x2 10 t.					0,060
M1200004	H.	Compactador neumát.autp. 60cv					0,020
%6	%	Costes indirectos					0,189
			1	1,000	3,000	0,150	0,450
						E0114005	0,450
E0101006	m3	CAMA DE ARENA Cama de arena para lecho de asiento de tuberías, incluso aportación, extendido y nivelación.					0,090
O1100007	h.	Peón ordinario					0,687
M1100038	h.	Rodillo v.manual tándem 800 kg.					0,050



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

P1100008	m3	Arena de río 0/5 mm.							1,000
%6	%	Costes indirectos							0,155
			1	1,000	3,000	0,030	0,090		
							E0101006		0,090
E0114006	m3	EXTENDIDO TIERRA VEGETAL M3. Extendido de tierra vegetal.							0,120
O1100007	h.	Peón ordinario							0,009
M1100025	h.	Camión basculante 4x2 10 t.							0,010
M1100014	h.	Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3							0,010
%6	%	Costes indirectos							0,007
			1	1,000	3,000	0,040	0,120		
							E0114006		0,120
EC003307	m2	COLOCACIÓN LOSA CESPED							3,000
O1100003	h.	Oficial primera							0,200
O1100007	h.	Peón ordinario							0,200
P1100038	m3	Mortero cemento 1/6 M-40 Mortero de cemento CEM II/A-P 32,5 R y arena de río de dosificación 1/6 (M-40), confeccionado con hormigonera de 250 l, s/RC-97.							0,025
P1100155	m2	Losa césped							1,000
%6	%	Costes indirectos							0,062
			1	1,000	3,000	0,000	3,000		
							EC003307		3,000
			1	88,500	0,000	0,000	88,500		
							EC003306		88,50



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

EC003310	ml	REPOSICIÓN DE CARRIL-BICI MI de carril bici de 2,5 m de ancho, con cama de arena, capa de zahorra artificial, pavimento Slurry color y tratamiento superficial, totalmente colocado.							88,00
E0101006	m3	CAMA DE ARENA Cama de arena para lecho de asiento de tuberías, incluso aportación, extendido y nivelación.							0,075
O1100007	h.	Peón ordinario							0,687
M1100038	h.	Rodillo v.manual tandem 800 kg.							0,050
P1100008	m3	Arena de río 0/5 mm.							1,000
%6	%	Costes indirectos							0,155
			1	1,000	2,500	0,030	0,075	E0101006	0,075
E0114005	m3	ZAHORRA ARTIFICIAL M3. Zahorra artificial, incluso extensión y compactación en formación de bases.							0,375
O1100002	h.	Capataz							0,050
O1100007	h.	Peón ordinario							0,500
P1100010	M3	Zahorra artificial							1,150
M1200003	H.	Equipo extend.base,sub-bases							0,010
M1100025	h.	Camión basculante 4x2 10 t.							0,060
M1200004	H.	Compactador neumát.autp. 60cv							0,020
%6	%	Costes indirectos							0,189
			1	1,000	2,500	0,150	0,375	E0114005	0,375



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

D37AJ160	M2	PAVIMENTO SLURRY COLOR							2,500
		M2. Pavimento a base de mezcla homogénea de áridos y cargas minerales SLURRY de PROAS con ligante a base de resinas sintéticas (color), consistencia pastosa, aplicada con rastra en frío sobre superficies (sin incluir) asfálticas o hormigón, previa imprimación con PROMULSIT (en caso de base hormigón) y limpieza.							
O1100003	h.	Oficial primera							0,050
O1100007	h.	Peón ordinario							0,050
P1100159	Kg	Emulsión asfáltica PROMULSIT							0,100
P1100160	Kg	Slurry color PROAS							4,000
%6	%	Costes indirectos							0,051
			1	1,000	2,500	0,000	2,500		
								D37AJ160	2,500
EC003311	M2	DOBLE TRATAM. SUPERFIC. 20L/M2 ECR-2							2,500
		M2. Doble tratamiento superficial, con 20 l/m2 de áridos: A6/12 y A3/6, con una dotación de emulsión asfáltica ECR-2 de 3 Kg/m2, totalmente acabado, incluso materiales y ejecución.							
O1100002	h.	Capataz							0,002
O1100003	h.	Oficial primera							0,008
O1100006	h.	Peón especializado							0,005
M1200005	H.	Camión gravillador							0,003
M1200004	H.	Compactador neumát. autp. 60cv							0,003
M1200006	H.	Cuba de riego de ligantes							0,002



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

P1100156	Tm	Árido 6/12 en obra					0,019
P1100157	Tm	Árido 3/6/ en obra					0,010
P1100158	Tm	Ligante emulsión ECR-2					0,003
%6	%	Costes indirectos					0,011
			1	1,000	2,500	0,000	2,500
						EC003311	2,500
			1	88,000	0,000	0,000	88,000
						EC003310	88,00
E0109006	ml	TUBERIA HORM.CENTRIF.D=100 cm					12,00
		ML. Tubería de hormigón centrifugado BORONDO de D=100 cm., sobre solera de hormigón HM-20 N/mm2., tamaño máximo del árido 40 mm. de 10 cm. de espesor y cajeros de hormigón hasta media caña.					
U01AA502	Hr	Cuadrilla B					0,600
U37SA009	MI	Tubería horm.centrif.D=100 cm					1,000
A02AA510	M3	HORMIGÓN H-200/40 elab. obra					0,488
		M3. Hormigón en masa de resistencia H-200 según EH-91, con cemento CEM II/A-P 32,5 R, arena de río y árido rodado tamaño máximo 40 mm. confeccionado con hormigonera de 250 l., para vibrar y consistencia plástica.					
U01AA011	Hr	Peón ordinario					1,780
U04CA001	Tm	Cemento CEM II/A-P 32,5 R Granel					0,365
U04AA101	Tm	Arena de río (0-5mm)					0,660
U04AF150	Tm	Garbancillo 20/40 mm.					1,320
U04PY001	M3	Agua					0,160



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

A03LA005	Hr	HORMIGONERA ELECTRICA 250 L. H. Hormigonera eléctrica de 250 Lts con un motor eléctrico de 3CV, con bastidor y cabina de acero, pala mezcladoras, adecuadas para asegurar una mezcla rápida y homogénea, mecanismos protegidos herméticamente, con un peso en vacío de 290Kg y un rendimiento aproximado de 3,4m3.	0,500
U02LA201	Hr	Hormigonera 250 l.	1,000
U%10	%	Amortización y otros gastos	0,011
U02SW005	Ud	Kilowatio	3,500
			A03LA005 0,500
			A02AA510 0,488
A01JF006	M3	MORTERO CEMENTO 1/6 M-40 M3. Mortero de cemento CEM II/A-P 32,5 R y arena de río de dosificación 1/6 M-40 confeccionado con hormigonera de 250 l.	0,005
U01AA011	Hr	Peón ordinario	2,160
U04CA001	Tm	Cemento CEM II/A-P 32,5 R Granel	0,250
U04AA001	M3	Arena de río (0-5mm)	1,100
U04PY001	M3	Agua	0,255
A03LA005	Hr	HORMIGONERA ELECTRICA 250 L. H. Hormigonera eléctrica de 250 Lts con un motor eléctrico de 3CV, con bastidor y cabina de acero, pala mezcladoras, adecuadas para asegurar una mezcla rápida y homogénea, mecanismos protegidos herméticamente, con un peso en vacío de 290Kg y un rendimiento aproximado de 3,4m3.	0,400



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

U02LA201	Hr	Hormigonera 250 l.							1,000
U%10	%	Amortización y otros gastos							0,011
U02SW005	Ud	Kilowatio							3,500
							A03LA005		0,400
							A01JF006		0,005
U37OE001	Hr	Grúa automóvil							0,089
%0200001	%	Costes indirectos...(s/total)							0,914
			2	6,000	0,000	0,000	12,000		
							E0109006		12,00
E0109010	m3	RECOLOCACIÓN DE ESCOLLERA Transporte desde el lugar de acopio y recolocación de escollera hormigonada, totalmente instalada.							60,00
O1100002	h.	Capataz							0,020
O1100007	h.	Peón ordinario							0,085
M1100011	h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV							0,060
M1100027	h.	Camión basculante 6x4 20 t.							0,040
M1200002	m3	km transporte escollera							50,000



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

%6	%	Costes indirectos						0,113
			1	15,000	1,000	4,000	60,000	
							E0109010	60,00
E0101023	m3	ESCOLLERA						0,00
		Escollera de 1.000 kg. colocada en protección de cauces, tamaño mínimo 800 mm, incluido suministro y preparación de la superficie de apoyo, perfectamente rasanteada, encajada y terminada.						
O1100002	h.	Capataz						0,020
O1100007	h.	Peón ordinario						0,085
M1100011	h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV						0,060
M1100027	h.	Camión basculante 6x4 20 t.						0,040
M1200002	m3	km transporte escollera						50,000
P1100153	m3	Escollera 1000 kg						1,000
%6	%	Costes indirectos						0,173
							E0101023	0,00
							C01.01	1,00



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

C01.02		SISTEMA DE PANTALLAS				1,00
E0113007	ml	MUROS GUÍA DE 0,5x0,6 m				69,20
		Muro guía para ejecución de muro pantalla.				
O1100003	h.	Oficial primera				0,250
O1100007	h.	Peón ordinario				0,500
P1100026	m3	Hormigón HM-15 central				0,240
P1100025	m3	Madera pino encofrar 25 mm.				0,018
P1100045	kg	Puntas 20x100				0,080
P1100065	kg	Alambre atar 1,30 mm.				0,168
%6	%	Costes indirectos				0,240
			2	34,600	0,000	0,000
						69,200
					E0113007	69,20
E0102010	m3	HORMIGÓN HA-25 EN ELEM. VERTICALES				440,11
		Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos verticales (alzados y muros), vibrado y colocado.				
O1100010	h.	Oficial 1ª encofrador				0,200
O1100011	h.	Ayudante encofrador				0,010
O1100012	h.	Oficial 1ª gruista				0,010
O1100007	h.	Peón ordinario				0,010
M1100003	h.	Grúa telescópica autoprop.				0,001
M1100001	h.	Autob.hormig.h.40 m3, pluma<=32m.				0,003



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

M1100044	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm						0,400
P1100029	m3	Horm. HA-25/P/40						1,000
%6	%	Costes indirectos						0,747
			1	34,600	21,200	0,600	440,112	
							E0102010	440,11
E0104001	Kg	ACERO BARRAS CORRUG. B 500 S Acero en barras corrugadas tipo B 500 S de 500 N/mm2 de límite elástico para armaduras, elaborado y colocado.						26.406,60
10.26	h.	Oficial 1ª ferralla						0,010
O1100014	h.	Ayudante ferralla						0,010
P1100067	kg	Acero corrugado B 500 S						1,070
P1100065	kg	Alambre atar 1,30 mm.						0,005
%6	%	Costes indirectos						0,006
			1	440,110	60,000	0,000	#####	
							E0104001	26.406,60
E0113008	m3	EXCAVACIÓN PANTALLAS Y LODOS BENTONÍTICOS Excavación de pantallas y lodos bentoníticos, incluso preparación y transporte de sus respectivos equipos.						440,11
O1100002	h.	Capataz						0,100
O1100003	h.	Oficial primera						0,300
O1100007	h.	Peón ordinario						0,400
M1200007	h.	Excavadora con cuchara bivalva.						0,400
M1100027	h.	Camión basculante 6x4 20 t.						0,300



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

M1200008	h.	Generador 60 Kva.					0,400
M1200009	h.	Bomba sumergible 12 Kw					0,600
%6	%	Costes indirectos					0,527
			1	34,600	21,200	0,600	440,112
							E0113008
							440,11
E0101003	m3	CARGA Y TRANSPORTE A VERTEDERO					440,11
		Carga sobre camión volquete de 10 Tm con pala cargadora de 1,2 m3, de tierras procedentes de excavación y transporte a vertedero o lugar de empleo.					
M1100014	h.	Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3					0,010
M1100025	h.	Camión basculante 4x2 10 t.					0,025
%6	%	Costes indirectos					0,011
			1	34,600	21,200	0,600	440,112
							E0101003
							440,11
E0104009	ud	ARRIOSTRAMIENTO MURO PANTALLA					4,00
		Arriostramiento de muro pantalla mediante dos estructuras de cuadermas metálicas, incluso posterior retirada de estructura.					
			4	0,000	0,000	0,000	4,000
							E0104009
							4,00
							C01.02
							1,00



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

C01.03		ESCALA DE PECES						1,00
E0101000	m3	TERRAPLEN CON MATERIALES PROCEDENTE DE LA EXCAVACION Terraplén con productos procedentes de la excavación, para la construcción del núcleo y cimientos, incluso transporte, extensión, humectación y compactación.						1.239,42
O1100002	h.	Capataz						0,010
O1100007	h.	Peón ordinario						0,005
M1100036	h.	Motoniveladora de 200 CV						0,010
M1100014	h.	Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3						0,002
M1100026	h.	Camión basculante 4x4 14 t.						0,005
M1100033	h.	Cisterna agua s/camión 10.000 l.						0,001
M1100039	h.	Rodillo vibr.autopr.mixto 7 t.						0,008
%6	%	Costes indirectos						0,011
			1	50,630	24,480	0,000	1.239,422	
							E0101000	1.239,42
E0101008	m3	DEMOLICIÓN OBRA HORMIGÓN EN MASA Demolición de obra de hormigón armado o en masa, incluso retirada, carga y transporte de escombros a vertedero.						20,40
O1100006	h.	Peón especializado						0,400
O1100007	h.	Peón ordinario						0,400
M1100017	h.	Compre.port.diesel m.p. 5 m3/min						0,700



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

M1100019	h.	Martillo man.perfor.neum. 20 kg.						0,700
%6	%	Costes indirectos						0,119
			1	3,000	4,000	1,700	20,400	
							E0101008	20,40
E0101023	m3	ESCOLLERA						563,01
		Escollera de 1.000 kg. colocada en protección de cauces, tamaño mínimo 800 mm, incluido suministro y preparación de la superficie de apoyo, perfectamente rasanteada, encajada y terminada.						
O1100002	h.	Capataz						0,020
O1100007	h.	Peón ordinario						0,085
M1100011	h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV						0,060
M1100027	h.	Camión basculante 6x4 20 t.						0,040
M1200002	m3	km transporte escollera						50,000
P1100153	m3	Escollera 1000 kg						1,000
%6	%	Costes indirectos						0,173
			2	50,630	5,560	1,000	563,006	
							E0101023	563,01
E0102001	m3	HORMIGÓN EN MASA HM-15						19,48
		Hormigón en masa, tipo HM-15 de limpieza de R.C. 15 N/mm2, colocado.						
O1100002	h.	Capataz						0,100
O1100004	h.	Oficial segunda						0,200
O1100007	h.	Peón ordinario						0,200



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

M1100009	h.	Hormigonera 200 l. gasolina						0,200
M1100044	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm						0,200
P1100026	m3	Hormigón HM-15 central						1,100
%6	%	Costes indirectos						0,685
		Asiento artesa	21	2,050	2,200	0,100	9,471	
			2	2,450	2,600	0,100	1,274	
			1	4,600	1,600	0,100	0,736	
		Relleno azul	2	0,500	4,000	2,000	8,000	
							E0102001	19,48
E0102003	m3	HORMIGÓN HA-25 EN CIMENTACIONES						54,68
		Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2, en soleras y cimentaciones, vibrado y colocado.						
O1100003	h.	Oficial primera						0,150
O1100007	h.	Peón ordinario						0,150
M1100044	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm						0,242
P1100030	m3	Horm. HA-25/P/40 central						1,000
%6	%	Costes indirectos						0,726
		Soleras	21	2,250	1,800	0,200	17,010	
			2	2,250	2,200	0,200	1,980	
			1	3,800	1,600	0,200	1,216	
		Alzados	42	1,850	1,300	0,200	20,202	
			21	1,800	1,200	0,200	9,072	
			4	2,200	1,200	0,200	2,112	
			4	1,850	1,200	0,200	1,776	
			2	3,800	1,200	0,200	1,824	
			2	1,400	1,200	0,200	0,672	
			-	0,600	0,300	0,200	-0,900	
			25					
			-	0,240	0,240	0,200	-0,288	
							E0102003	54,68



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

E0103001	m2	ENCOFRADO PLANO EN CIMENTACIONES Encofrado plano en soleras y cimentaciones, con desencofrado.						39,74
O1100010	h.	Oficial 1ª encofrador						0,200
O1100011	h.	Ayudante encofrador						0,200
O1100007	h.	Peón ordinario						0,200
P1100025	m3	Madera pino encofrar 25 mm.						0,025
P1100065	kg	Alambre atar 1,30 mm.						0,100
P1100045	kg	Puntas 20x100						0,050
%6	%	Costes indirectos						0,104
		Solera	42	2,250	0,000	0,200	18,900	
			42	1,800	0,000	0,200	15,120	
			4	2,250	0,000	0,200	1,800	
			4	2,200	0,000	0,200	1,760	
			2	3,800	0,000	0,200	1,520	
			2	1,600	0,000	0,200	0,640	
								E0103001 39,74
E0103003	m2	ENCOFRADO PLANO EN PAR. VERTICALES Encofrado plano en paramentos verticales, con desencofrado.						357,42
O1100010	h.	Oficial 1ª encofrador						0,200
O1100011	h.	Ayudante encofrador						0,200
O1100007	h.	Peón ordinario						0,200
M1100051	m2	Encof.panel metal.5/10 m2. 50 p.						1,000
M1100003	h.	Grúa telescópica autoprop.						0,100
P1100022	l.	Desenc.Bettodesmold H enc.metál.						0,083



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

P1100045	kg	Puntas 20x100						0,020
%6	%	Costes indirectos						0,138
		Alzados	84	1,950	0,000	1,300	212,940	
			42	1,600	0,000	1,200	80,640	
			8	2,000	0,000	1,200	19,200	
			8	2,050	0,000	1,200	19,680	
			4	3,600	0,000	1,200	17,280	
			4	1,600	0,000	1,200	7,680	
							E0103003	357,42
E0104001	Kg	ACERO BARRAS CORRUG. B 500 S Acero en barras corrugadas tipo B 500 S de 500 N/mm2 de límite elástico para armaduras, elaborado y colocado.						3.280,20
10.26	h.	Oficial 1ª ferralla						0,010
O1100014	h.	Ayudante ferralla						0,010
P1100067	kg	Acero corrugado B 500 S						1,070
P1100065	kg	Alambre atar 1,30 mm.						0,005
%6	%	Costes indirectos						0,006
			1	54,670	0,000	60,000	3.280,200	
							E0104001	3.280,20
E6000007	kg	ACERO A-42b EN ESTRUCT.SOLDAD Acero laminado A-42b, en perfiles laminados en caliente para vigas, pilares, zunchos y correas, mediante uniones soldadas; i/p.p. de soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y dos manos de imprimación con pintura de minio de plomo, montado y colocado, según NTE-EAS/EAV y normas NBE-MV.						1.500,00
O1100020	h.	Oficial 1ª cerrajero						0,010
O1100021	h.	Ayudante cerrajero						0,020



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

P1100069	kg	Acero laminado A-42b							1,050
P4321147	l.	Minio electrolítico							0,010
P1100024	ud	Pequeño material							0,100
%6	%	Costes indirectos							0,010
		En rejilla de desbaste	1	1.500,000	0,000	0,000	1.500,000		
							E6000007		1.500,00
E6000208	m2	ENTR.TRAMEX 30x30/30x3 GALV. Entramado metálico formado por rejilla de pletina de acero galvanizado, tipo TRAMEX de 30 x 3 mm., formando cuadrícula de 30 x 30 mm. y bastidor con uniones electrosoldadas, i/soldadura, anclajes, piezas especiales y ajuste a otros elementos, totalmente terminado y colocado.							69,20
O1100007	h.	Peón ordinario							0,600
P4321161	m2	Entr. Tramex 30x30 / 30x2 galvanizado.							1,100
%6	%	Costes indirectos							0,587
			21	1,900	0,000	1,450	57,855		
			2	1,900	0,000	1,850	7,030		
			1	3,450	0,000	1,250	4,313		
							E6000208		69,20
EC003301	m2	GEOTEXTIL DE 200 g./m2							563,01
O1100007	h.	Peón ordinario							0,010
PC00101	m2	Geotextil de 200 gr./m2							1,000
%6	%	Costes indirectos							0,016
			2	50,630	5,560	0,000	563,006		
							EC003301		563,01
							C01.03		1,00



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

C01.04		INFRAESTRUCTURA DE LA MINICENTRAL						1,00
E0101008	m3	DEMOLICIÓN OBRA HORMIGÓN EN MASA Demolición de obra de hormigón armado o en masa, incluso retirada, carga y transporte de escombros a vertedero.						43,44
O1100006	h.	Peón especializado						0,400
O1100007	h.	Peón ordinario						0,400
M1100017	h.	Compre.port.diesel m.p. 5 m3/min						0,700
M1100019	h.	Martillo man.perfor.neum. 20 kg.						0,700
%6	%	Costes indirectos						0,119
			1	36,200	0,600	2,000	43,440	
							E0101008	43,44
E0102001	m3	HORMIGÓN EN MASA HM-15 Hormigón en masa, tipo HM-15 de limpieza de R.C. 15 N/mm2, colocado.						170,60
O1100002	h.	Capataz						0,100
O1100004	h.	Oficial segunda						0,200
O1100007	h.	Peón ordinario						0,200
M1100009	h.	Hormigonera 200 l. gasolina						0,200
M1100044	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm						0,200
P1100026	m3	Hormigón HM-15 central						1,100
%6	%	Costes indirectos						0,685



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

		Elementos horizontales de limpieza	1	10,300	7,800	0,100	8,034	
		Elementos inclinados	1	7,000	4,250	0,500	14,875	
		Otros elementos	1	7,000	0,750	0,000	5,250	
			1	7,000	1,200	0,800	6,720	
			1	7,000	1,750	0,800	9,800	
			1	7,000	1,900	0,500	6,650	
			1	7,000	0,600	0,000	4,200	
			1	7,000	0,460	0,000	3,220	
			1	7,000	1,100	0,500	3,850	
		Macizado compartimento de turbina	1	8,800	6,800	3,100	185,504	
			-1	5,000	5,000	3,100	-77,500	
								E0102001 170,60
E0102003	m3	HORMIGÓN HA-25 EN CIMENTACIONES						48,05
		Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2, en soleras y cimentaciones, vibrado y colocado.						
O1100003	h.	Oficial primera						0,150
O1100007	h.	Peón ordinario						0,150
M1100044	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm						0,242
P1100030	m3	Horm. HA-25/P/40 central						1,000
%6	%	Costes indirectos						0,726
		Losa fondo	1	9,100	6,600	0,800	48,048	
								E0102003 48,05
E0102004	m3	HORMIGÓN HA-25 EN ELEM. HORIZONTALES						56,36
		Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos horizontales (losas), vibrado y colocado.						
O1100010	h.	Oficial 1ª encofrador						0,150
O1100011	h.	Ayudante encofrador						0,150



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

O1100012	h.	Oficial 1ª gruista						0,150
O1100007	h.	Peón ordinario						0,300
M1100003	h.	Grúa telescópica autoprop.						0,050
M1100044	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm						0,460
P1100030	m3	Horm. HA-25/P/40 central						1,000
%6	%	Costes indirectos						0,804
		Losa superior	1	16,400	10,400	0,240	40,934	
			2	8,800	0,400	0,160	1,126	
			1	3,500	6,050	0,300	6,353	
		Losa intermedia	1	9,200	3,600	0,240	7,949	
							E0102004	56,36
E0102005	m3	HORMIGÓN BLANCO EN MUROS						107,68
		Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos verticales (alzados y muros), vibrado y colocado.						
O1100010	h.	Oficial 1ª encofrador						0,400
O1100011	h.	Ayudante encofrador						0,200
O1100012	h.	Oficial 1ª gruista						0,200
O1100007	h.	Peón ordinario						0,200
M1100003	h.	Grúa telescópica autoprop.						0,200
M1100001	h.	Autob.hormig.h.40 m3, pluma<=32m.						0,050
M1100044	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm						0,300
P1100029	m3	Horm. HA-25/P/40						1,100
%6	%	Costes indirectos						1,061



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

		Muros A	2	7,000	7,200	0,400	40,320	
		Muros B	2	7,000	10,300	0,400	57,680	
		Ménsulas	4	0,500	0,500	0,400	0,400	
		Otros	1	7,000	2,800	0,300	5,880	
			1	3,400	2,500	0,400	3,400	
								E0102005
								107,68
E0102006	m3	HORMIGÓN HA-25 EN ELEM. INCLINADOS Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos inclinados, vibrado y colocado.						101,16
O1100010	h.	Oficial 1ª encofrador						0,050
O1100011	h.	Ayudante encofrador						0,050
O1100012	h.	Oficial 1ª gruista						0,040
O1100007	h.	Peón ordinario						0,080
M1100003	h.	Grúa telescópica autoprop.						0,050
M1100001	h.	Autob.hormig.h.40 m3, pluma<=32m.						0,050
M1100044	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm						0,585
P1100029	m3	Horm. HA-25/P/40						1,000
%6	%	Costes indirectos						0,835
			1	6,000	1,000	0,300	1,800	
			1	6,000	6,100	0,500	18,300	
			1	6,000	8,000	0,500	24,000	
			1	6,000	3,140	0,000	18,840	
			1	6,000	-1,130	0,000	-6,780	
		Losa toma de agua	1	15,000	0,500	6,000	45,000	
								E0102006
								101,16



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

E0103006	m3	CIMBRADO DE LOSAS, FORJADOS							623,30
		Cimbrado de losas, forjados y cúpulas, con altura superior a 5 m., incluso apeos.							
O1100003	h.	Oficial primera							0,020
O1100007	h.	Peón ordinario							0,040
M1100047	m3	Andamio metálico en cimbras							1,000
M1100005	h.	Grúa telescópica autoprop. 25 t.							0,010
%6	%	Costes indirectos							0,104
		Cimb. Losa superior	1	9,500	7,000	6,750	448,875		
		Cimb. Losa intermedia	1	9,500	3,600	5,100	174,420		
							E0103006		623,30
E0102010	m3	HORMIGÓN HA-25 EN ELEM. VERTICALES							35,38
		Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos verticales (alzados y muros), vibrado y colocado.							
O1100010	h.	Oficial 1ª encofrador							0,200
O1100011	h.	Ayudante encofrador							0,010
O1100012	h.	Oficial 1ª gruista							0,010
O1100007	h.	Peón ordinario							0,010
M1100003	h.	Grúa telescópica autoprop.							0,001
M1100001	h.	Autob.hormig.h.40 m3, pluma<=32m.							0,003
M1100044	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm							0,400



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

P1100029	m3	Horm. HA-25/P/40					1,000
%6	%	Costes indirectos					0,747
		Canal de toma	2	5,800	0,500	6,100	35,380
						E0102010	35,38
E0103002	m2	ENCOFRADO PLANO EN PAR. HORIZONTALES Encofrado plano en paramentos horizontales, con desencofrado.					119,90
O1100010	h.	Oficial 1ª encofrador					0,200
O1100011	h.	Ayudante encofrador					0,200
O1100007	h.	Peón ordinario					0,200
M1100052	m2	Tablero encofrar 22 mm. 4 p.					1,000
M1100049	ud	Puntal telescópico 3m., 1,5 t.					0,010
M1100003	h.	Grúa telescópica autoprop.					0,030
P1100025	m3	Madera pino encofrar 25 mm.					0,010
P1100045	kg	Puntas 20x100					0,080
P1100065	kg	Alambre atar 1,30 mm.					0,168
%6	%	Costes indirectos					0,115
		Encof. Losa superior	1	9,500	7,000	0,000	66,500
		Otros	1	6,000	3,200	0,000	19,200
		Losa intermedia	1	9,500	3,600	0,000	34,200
						E0103002	119,90
E0103003	m2	ENCOFRADO PLANO EN PAR. VERTICALES Encofrado plano en paramentos verticales, con desencofrado.					683,50
O1100010	h.	Oficial 1ª encofrador					0,200



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

O1100011	h.	Ayudante encofrador							0,200
O1100007	h.	Peón ordinario							0,200
M1100051	m2	Encof.panel metal.5/10 m2. 50 p.							1,000
M1100003	h.	Grúa telescópica autoprop.							0,100
P1100022	l.	Desenc.Bettodesmold H enc.metál.							0,083
P1100045	kg	Puntas 20x100							0,020
%6	%	Costes indirectos							0,138
		Muros	4	7,800	7,200	0,000	224,640		
			4	10,300	7,200	0,000	296,640		
		Puerta de acceso	-2	3,000	2,700	0,000	-16,200		
			1	6,000	2,800	0,000	16,800		
		Elemento curvo	1	6,000	2,350	0,000	14,100		
			1	6,000	1,000	0,000	6,000		
		Canal de toma	4	5,800	6,100	0,000	141,520		
							E0103003		683,50
E0103004	m2	ENCOFRADO PLANO EN PAR. INCLINADOS Encofrado plano en paramentos inclinados, con desencofrado.							35,10
O1100010	h.	Oficial 1ª encofrador							0,400
O1100011	h.	Ayudante encofrador							0,400
M1100051	m2	Encof.panel metal.5/10 m2. 50 p.							1,000
M1100003	h.	Grúa telescópica autoprop.							0,150
P1100022	l.	Desenc.Bettodesmold H enc.metál.							0,088
%6	%	Costes indirectos							0,187
		Losa toma de agua	2	15,000	0,500	0,000	15,000		
		Elemento curvo	1	6,000	2,350	0,000	14,100		
			1	6,000	1,000	0,000	6,000		
							E0103004		35,10



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

E0104001	Kg	ACERO BARRAS CORRUG. B 500 S							35.151,20
		Acero en barras corrugadas tipo B 500 S de 500 N/mm2 de límite elástico para armaduras, elaborado y colocado.							
10.26	h.	Oficial 1ª ferralla							0,010
O1100014	h.	Ayudante ferralla							0,010
P1100067	kg	Acero corrugado B 500 S							1,070
P1100065	kg	Alambre atar 1,30 mm.							0,005
%6	%	Costes indirectos							0,006
		Muros	1	107,680	0,000	#####	#####		
		Losa superior	1	48,410	0,000	#####	5.809,200		
		Losa inferior	1	48,050	0,000	#####	5.766,000		
		Losa intermedia	1	7,950	0,000	#####	954,000		
		Elementos inclinados	1	56,160	0,000	#####	5.616,000		
		Losa toma de agua	1	45,000	0,000	60,000	2.700,000		
		Canal de toma	1	35,380	0,000	#####	3.538,000		
							E0104001	35.151,20	
E0104004	ml	ESCALERA METÁLICA							4,30
		Escalera metálica, formada por perfiles galvanizados y huellas de pletinas entrecruzadas, electrosoldadas, colocada.							
O1100020	h.	Oficial 1ª cerrajero							0,160
O1100021	h.	Ayudante cerrajero							0,160
P1100121	ud	Pelda.chapa a.galv.perf. a=30 cm							1,000
%6	%	Costes indirectos							0,211
			1	4,300	0,000	0,000	4,300		
							E0104004	4,30	
E0104005	ml	BARANDILLA ACERO INOXIDABLE							8,80



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

		Barandilla de acero inoxidable, de 90 cm. de altura y diámetro superior a 3 cm., colocada.						
O1100020	h.	Oficial 1ª cerrajero						1,165
O1100021	h.	Ayudante cerrajero						1,262
P1100117	ml	Barandilla esc. acero inoxidable						1,000
%6	%	Costes indirectos						1,401
			1	8,800	0,000	0,000	8,800	
							E0104005	8,80
E0111002	ml	BANDA ELÁSTICA BULBO TUBULAR						34,60
		Banda elástica con bulbo tubular de 22 cm. de ancho, para juntas, colocada.						
O1100003	h.	Oficial primera						0,099
O1100007	h.	Peón ordinario						0,099
P1100046	ml	Banda elástica con bulbo tubular						1,002
%6	%	Costes indirectos						0,085
			1	34,600	0,000	0,000	34,600	
							E0111002	34,60
E0102008	m3	RELLENO DE GRAVA EN MINICENTRAL						59,36
O1100002	h.	Capataz						0,020
O1100007	h.	Peón ordinario						0,040
P1100161	M3	Grava 40/80 mm.						1,000
M1100015	h.	Retrocargadora neum. 50 CV						0,020
M1200010	H.	Compactador manual						0,040



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

%6	%	Costes indirectos						0,156
			1	7,000	8,480	0,000	59,360	
							E0102008	59,36
E0109003	m2	CARP. METALICA PUERTAS						8,10
		Carpintería metálica en puertas correderas o abatibles de doble chapa de acero galvanizado, con aislamiento interior de poliuretano, incluso junta de neopreno de marco y cerco, tira de vinilo en zona inferior, cerradura de seguridad, picaporte con frente de latón y pernios latonados.						
O1100020	h.	Oficial 1ª cerrajero						0,201
O1100021	h.	Ayudante cerrajero						0,200
P1100118	M2	Pu.paso chapa doble lisa						1,000
%6	%	Costes indirectos						1,014
			1	3,000	2,700	0,000	8,100	
							E0109003	8,10
E6000208	m2	ENTR.TRAMEX 30x30/30x3 GALV.						38,10
		Entramado metálico formado por rejilla de pletina de acero galvanizado, tipo TRAMEX de 30 x 3 mm., formando cuadrícula de 30 x 30 mm. y bastidor con uniones electrosoldadas, i/soldadura, anclajes, piezas especiales y ajuste a otros elementos, totalmente terminado y colocado.						
O1100007	h.	Peón ordinario						0,600
P4321161	m2	Entr. Tramex 30x30 / 30x2 galvanizado.						1,100



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

%6	%	Costes indirectos					0,587
		Pasarela	1	9,200	1,000	0,000	9,200
		Losa intermedia	1	8,500	3,400	0,000	28,900
						E6000208	38,10
E6000007	kg	ACERO A-42b EN ESTRUCT.SOLDAD					273,57
		Acero laminado A-42b, en perfiles laminados en caliente para vigas, pilares, zunchos y correas, mediante uniones soldadas; i/p.p. de soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y dos manos de imprimación con pintura de minio de plomo, montado y colocado, según NTE-EAS/EAV y normas NBE-MV.					
O1100020	h.	Oficial 1ª cerrajero					0,010
O1100021	h.	Ayudante cerrajero					0,020
P1100069	kg	Acero laminado A-42b					1,050
P4321147	l.	Minio electrolítico					0,010
P1100024	ud	Pequeño material					0,100
%6	%	Costes indirectos					0,010
		Elem. Estructural pasarela	1	273,570	0,000	0,000	273,570
						E6000007	273,57
E01	m3	EXCAVACION CON FORMACION DE ACOPIO					0,00
E02	m3	EXCAVACION CON RETIRO A VERTEDERO					0,00
E03	m3	EXCAVACION EN RELLENOS Y TRASDOS DE MUROS					0,00
						C01.04	1,00

Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

C01.05		CONDUCCIONES Y VARIOS					1,00
EC003308	m3	DESMONTAJE DE ESCOLLERA Desmontaje de escollera hormigonada, incluso acopio de material.					641,18
O1100002	h.	Capataz					0,015
M1100011	h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV					0,015
M1100019	h.	Martillo man.perfor.neum. 20 kg.					0,100
M1100027	h.	Camión basculante 6x4 20 t.					0,160
%6	%	Costes indirectos					0,081
		P1-P1'	1	1,000	1,000	8,000	8,000
		P1'-P2	1	4,200	1,000	8,800	36,960
		P2-P3	1	3,800	1,000	8,400	31,920
		P3-P4	1	12,400	1,000	7,900	97,960
		P4-P5	1	12,400	1,000	7,600	94,240
		P5-P6	1	17,400	1,000	7,600	132,240
		P6-P7	1	17,400	1,000	5,900	102,660
		Plinto	1	68,600	1,000	2,000	137,200
						EC003308	641,18
E1101001	m3	EXCAVACIÓN DESMONTE Excavación a cielo abierto con transporte de material a vertedero o lugar de empleo e incluso agotamiento.					1.272,99
O1100002	h.	Capataz					0,009
M1100011	h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV					0,009
M1100027	h.	Camión basculante 6x4 20 t.					0,030

Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

%6	%	Costes indirectos					0,021
		P1-P1'	1	1,000	15,030	0,000	15,030
		P1'-P2	1	3,400	13,560	0,000	46,104
		P2-P3	1	3,000	16,580	0,000	49,740
		P3-P4	1	10,000	14,920	0,000	149,200
		P4-P5	1	9,800	12,710	0,000	124,558
		P5-P6	1	15,000	45,410	0,000	681,150
		P6-P7	1	12,400	16,710	0,000	207,204
							E1101001
							1.272,99
E0114008	m2	TABLESTACADO					370,40
		Tablestacado para sostenimiento de tierras en excavación, parte proporcional de anclajes y arriostramiento, totalmente ejecutado.					
		P1-P1'	2	1,000	7,650	0,000	15,300
		P1'-P2	2	3,400	7,850	0,000	53,380
		P2-P3	2	3,000	8,000	0,000	48,000
		P3-P4	2	10,000	7,100	0,000	142,000
		P4-P5	2	9,800	5,700	0,000	111,720
							E0114008
							370,40
E0101002	m3	EXCAVACIÓN EN ZANJAS					530,61
		Excavación en tierras, en zanjas y pozos, incluso entibación y agotamiento.					
O1100003	h.	Oficial primera					0,040
O1100007	h.	Peón ordinario					0,040
M1100016	h.	Retrocargadora neum. 75 CV					0,040
M1100026	h.	Camión basculante 4x4 14 t.					0,030
%6	%	Costes indirectos					0,030



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

		P1-P1'	1	1,000	20,630	0,000	20,630	
		P1'-P2	1	3,400	23,460	0,000	79,764	
		P2-P3	1	3,000	24,150	0,000	72,450	
		P3-P4	1	10,000	20,900	0,000	209,000	
		P4-P5	1	9,800	15,180	0,000	148,764	
								E0101002
								530,61
E0114007	ml.	MARCO PREFABRICADO						25,50
		Marco de hormigón prefabricado de dimensiones internas 2,50 x 3,00, incluso colocación sobre cama de arena, sellado de juntas e impermeabilización. Totalmente terminado.						
			1	25,500	0,000	0,000	25,500	
								E0114007
								25,50
E0101012	m3	RELLENO MATERIAL FILTRANTE						68,99
		Relleno de material filtrante en zanjas drenantes.						
O1100002	h.	Capataz						0,012
O1100007	h.	Peón ordinario						0,076
M1100028	t.	km transporte áridos						44,000
M1100038	h.	Rodillo v.manual tándem 800 kg.						0,040
M1100039	h.	Rodillo vibr.autopr.mixto 7 t.						0,010
M1100015	h.	Retrocargadora neum. 50 CV						0,010
P1100012	t.	Árido machaqueo 25/40 D.A.<30						1,700
%6	%	Costes indirectos						0,128
			2	27,020	0,250	3,500	47,285	
			1	15,000	0,250	4,300	16,125	
			1	12,400	0,250	1,800	5,580	
								E0101012
								68,99



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

E0101005	m3	RELLENO EN ZANJAS Y POZOS						137,44
		Relleno y compactación en zanjas y pozos con material procedente de la excavación.						
O1100001	h.	Encargado						0,030
O1100002	h.	Capataz						0,030
O1100007	h.	Peón ordinario						0,040
M1100015	h.	Retrocargadora neum. 50 CV						0,030
M1100025	h.	Camión basculante 4x2 10 t.						0,020
M1100037	h.	Bandeja vibrante de 300 kg.						0,020
%6	%	Costes indirectos						0,025
		P1-P1'	1	1,000	5,600	0,000	5,600	
		P1'-P2	1	3,400	8,400	0,000	28,560	
		P2-P3	1	3,000	9,200	0,000	27,600	
		P3-P4	1	10,000	6,000	0,000	60,000	
		P4-P5	1	9,800	1,600	0,000	15,680	
							E0101005	137,44
E0101000	m3	TERRAPLEN CON MATERIALES PROCEDENTE DE LA EXCAVACION						1.272,99
		Terraplén con productos procedentes de la excavación, para la construcción del núcleo y cimientos, incluso transporte, extensión, humectación y compactación.						
O1100002	h.	Capataz						0,010
O1100007	h.	Peón ordinario						0,005
M1100036	h.	Motoniveladora de 200 CV						0,010
M1100014	h.	Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3						0,002
M1100026	h.	Camión basculante 4x4 14 t.						0,005



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

M1100033	h.	Cisterna agua s/camión 10.000 l.						0,001
M1100039	h.	Rodillo vibr.autopr.mixto 7 t.						0,008
%6	%	Costes indirectos						0,011
		P1-P1'	1	1,000	15,030	0,000	15,030	
		P1'-P2	1	3,400	13,560	0,000	46,104	
		P2-P3	1	3,000	16,580	0,000	49,740	
		P3-P4	1	10,000	14,920	0,000	149,200	
		P4-P5	1	9,800	12,710	0,000	124,558	
		P5-P6	1	15,000	45,410	0,000	681,150	
		P6-P7	1	12,400	16,710	0,000	207,204	
							E0101000	1.272,99
E0109010	m3	RECOLOCACIÓN DE ESCOLLERA Transporte desde el lugar de acopio y recolocación de escollera hormigonada, totalmente instalada.						723,34
O1100002	h.	Capataz						0,020
O1100007	h.	Peón ordinario						0,085
M1100011	h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV						0,060
M1100027	h.	Camión basculante 6x4 20 t.						0,040
M1200002	m3	km transporte escollera						50,000
%6	%	Costes indirectos						0,113



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

		P1-P1'	1	1,000	1,000	8,000	8,000
		P1'-P2	1	4,200	1,000	8,800	36,960
		P2-P3	1	3,800	1,000	8,400	31,920
		P3-P4	1	12,400	1,000	7,900	97,960
		P4-P5	1	12,400	1,000	7,600	94,240
		P5-P6	1	17,400	1,000	7,600	132,240
		P6-P7	1	17,400	1,000	5,900	102,660
		Plinto	1	68,600	1,000	2,000	137,200
		Muro salida	1	34,160	1,000	0,000	34,160
		Plinto muro salida	1	24,000	1,000	2,000	48,000
						E0109010	723,34
E0102010	m3	HORMIGÓN HA-25 EN ELEM. VERTICALES Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos verticales (alzados y muros), vibrado y colocado.					181,24
O1100010	h.	Oficial 1ª encofrador					0,200
O1100011	h.	Ayudante encofrador					0,010
O1100012	h.	Oficial 1ª gruista					0,010
O1100007	h.	Peón ordinario					0,010
M1100003	h.	Grúa telescópica autoprop.					0,001
M1100001	h.	Autob.hormig.h.40 m3, pluma<=32m.					0,003
M1100044	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm					0,400
P1100029	m3	Horm. HA-25/P/40					1,000



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

%6	%	Costes indirectos					0,747
		Muro 1 A	1	5,800	0,500	5,400	15,660
		Zapata 1 A	1	5,800	4,700	1,000	27,260
		Muro 1 B	1	13,000	0,500	4,200	27,300
		Zapata 1 B	1	13,000	4,700	1,000	61,100
		Muro 2	1	15,400	0,300	1,600	7,392
		Cim. 2	1	15,400	2,000	0,700	21,560
		Aleta	1	7,600	0,500	2,700	10,260
		Zapata aleta	1	7,650	2,000	0,700	10,710
							E0102010 181,24
E0104001	Kg	ACERO BARRAS CORRUG. B 500 S					18.385,00
		Acero en barras corrugadas tipo B 500 S de 500 N/mm2 de límite elástico para armaduras, elaborado y colocado.					
10.26	h.	Oficial 1ª ferralla					0,010
O1100014	h.	Ayudante ferralla					0,010
P1100067	kg	Acero corrugado B 500 S					1,070
P1100065	kg	Alambre atar 1,30 mm.					0,005
%6	%	Costes indirectos					0,006
		Muro	1	50,350	100,000	0,000	5.035,000
		Aleta	1	10,260	100,000	0,000	1.026,000
		Zapata	1	120,630	80,000	0,000	9.650,400
		Entronque canal desagüe	1	22,280	120,000	0,000	2.673,600
							E0104001 18.385,00
E0103003	m2	ENCOFRADO PLANO EN PAR. VERTICALES					311,84
		Encofrado plano en paramentos verticales, con desencofrado.					
O1100010	h.	Oficial 1ª encofrador					0,200
O1100011	h.	Ayudante encofrador					0,200
O1100007	h.	Peón ordinario					0,200



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

M1100051	m2	Encof.panel metal.5/10 m2. 50 p.						1,000
M1100003	h.	Grúa telescópica autoprop.						0,100
P1100022	l.	Desenc.Bettodesmold H enc.metál.						0,083
P1100045	kg	Puntas 20x100						0,020
%6	%	Costes indirectos						0,138
		Muro 1 A	2	5,400	4,900	0,000	52,920	
		Muro 1 B	2	13,000	4,200	0,000	109,200	
		Zapata 1	2	18,400	1,000	0,000	36,800	
		Muro 2	2	15,200	1,600	0,000	48,640	
		Zapata 2	2	15,200	0,300	0,000	9,120	
		Aleta	2	7,400	2,700	0,000	39,960	
		Zapata aleta	2	7,600	1,000	0,000	15,200	
							E0103003	311,84
E0101023	m3	ESCOLLERA						4,50
		Escollera de 1.000 kg. colocada en protección de cauces, tamaño mínimo 800 mm, incluido suministro y preparación de la superficie de apoyo, perfectamente rasanteada, encajada y terminada.						
O1100002	h.	Capataz						0,020
O1100007	h.	Peón ordinario						0,085
M1100011	h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV						0,060
M1100027	h.	Camión basculante 6x4 20 t.						0,040
M1200002	m3	km transporte escollera						50,000
P1100153	m3	Escollera 1000 kg						1,000



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

%6	%	Costes indirectos						0,173
		Aleta desagüe canal	1	4,500	1,000	1,000	4,500	
							E0101023	4,50
E0102006	m3	HORMIGÓN HA-25 EN ELEM. INCLINADOS Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos inclinados, vibrado y colocado.						22,28
O1100010	h.	Oficial 1ª encofrador						0,050
O1100011	h.	Ayudante encofrador						0,050
O1100012	h.	Oficial 1ª gruista						0,040
O1100007	h.	Peón ordinario						0,080
M1100003	h.	Grúa telescópica autoprop.						0,050
M1100001	h.	Autob.hormig.h.40 m3,pluma<=32m.						0,050
M1100044	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm						0,585
P1100029	m3	Horm. HA-25/P/40						1,000
%6	%	Costes indirectos						0,835
		Entronque canal desagüe	1	22,280	0,000	0,000	22,280	
							E0102006	22,28
E0103008	m2	ENCOFRADO CURVO EN ALZADOS Encofrado curvo en alzados y estructuras, con desencofrado.						101,60
O1100010	h.	Oficial 1ª encofrador						0,480
O1100011	h.	Ayudante encofrador						0,480
M1100051	m2	Encof.panel metal.5/10 m2. 50 p.						1,115
M1100003	h.	Grúa telescópica autoprop.						0,186



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

P1100022	l.	Desenc.Bettodesmold H enc.metál.						0,083
P1100045	kg	Puntas 20x100						0,020
%6	%	Costes indirectos						0,226
		Entronque canal desagüe	1	101,600	0,000	0,000	101,600	
							E0103008	101,60
E0102001	m3	HORMIGÓN EN MASA HM-15 Hormigón en masa, tipo HM-15 de limpieza de R.C. 15 N/mm2, colocado.						0,00
O1100002	h.	Capataz						0,100
O1100004	h.	Oficial segunda						0,200
O1100007	h.	Peón ordinario						0,200
M1100009	h.	Hormigonera 200 l. gasolina						0,200
M1100044	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm						0,200
P1100026	m3	Hormigón HM-15 central						1,100
%6	%	Costes indirectos						0,685
							E0102001	0,00
E0102003	m3	HORMIGÓN HA-25 EN CIMENTACIONES Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2, en soleras y cimentaciones, vibrado y colocado.						0,00
O1100003	h.	Oficial primera						0,150
O1100007	h.	Peón ordinario						0,150
M1100044	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm						0,242
P1100030	m3	Horm. HA-25/P/40 central						1,000



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

%6	%	Costes indirectos		0,726
			E0102003	0,00
E01	m3	EXCAVACION CON FORMACION DE ACOPIO		0,00
E02	m3	EXCAVACION CON RETIRO A VERTEDERO		0,00
E03	m3	EXCAVACION EN RELLENOS Y TRASDOS DE MUROS		0,00
			C01.05	1,00



C01.06		NUEVAS UNIDADES	1,00
C01.06.01	Uds.	SISTEMA DE ANCALJES Y MICROPILOTES	0,00
C01.06.02	Kg	ESTRUCTURA METALICA	0,00
C01.06.03	Kg	PLACAS Y ANCLAJES	0,00
		C01.06	1,00



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

Código	Ud	Resumen	N	Longitud	Anchura	Altura	Parcial	Cantidad
C02		INSTALACIÓN ELECTROMECÁNICA						0
C02.01		INSTALACIONES MECÁNICAS						1,00
E0101019	Ud	COMPUERTA MOTORIZADA Compuerta motorizada de de altura, con cierre a los cuatro lados, cierre por para una presión de empuje de 10 mts de columna de agua sin equilibrio de empujes.	1	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
							E0101019	1,00
E0101020	Ud.	LIMPIARREJAS HIDRÁULICO Limpiarrejas hidráulico de 5,05 mts mts de largo, capacidad de carga 1.500 Kg, potencia 5,5 C.V. tensión 400 V. para extraer troncos de grandes dimensiones.	1	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
							E0101020	1,00
E0101021	Ud.	CANALETA CON BOMBA DE Canaleta de 6 mts de longitud, con limpieza, totalmente galvanizada en caliente.	1	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
							E0101021	1,00
E0101022	Ud.	REJILLA DE GRUESOS Rejilla de gruesos de 5,05 mts de ancho y 4,5 mts de largo	1	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
							E0101022	1,00



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

E0237001	Ud	PUENTE GRUA 8.000 KG; LUZ 9,00	M	1,00				
		<p>Puente grúa monorraíl con polipasto eléctrico de las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marca: Vicinay - Capacidad de carga: 8.000 kg. - Luz entre ejes de carriles: 9,00 m. - Velocidad de elevación: 6 m/min. - Velocidad de traslación del carro: 20 m/min. - Velocidad de traslación del puente: 20 m/min. - Longitud de desplazamiento del puente grúa: 15 m. - Alimentación eléctrica: por manguera plana de neopreno <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estructura del puente: chapa de acero y perfiles - Aparejo: acero F-115/F-3 - Ruedas: acero forjado <p>Accionamiento: motorreductores eléctricos (motores según Esp. Tec. 2.00.00.02)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tipo: monobloc - Potencia motor elevación: 2 CV - Potencia motor traslación del carro: 0,25 CV - Potencia motores traslación del puente: 2 x 0,25 CV <p>Acabado:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Según standard del fabricante (Resto de características según Esp. Tec. 2.37.10.01) Incluso parte proporcional de railguía. 						
			1	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
							E0237001	1,00
EC003312	Ud.	TURBINA TIPO	KAPLAN	1,00				
		<p>Turbina tipo Kaplan en bulbo para 20 m3/seg. y 4,6 m. de salto, de 750 rpm y potencia nominal 760 Kw, según especificaciones técnicas de proyecto, incluso montaje, carcasa tipo bulbo y tubo de aspiración.</p>						
			1	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
							EC003312	1,00
E00IE18	Ud.	GENERADOR ASINCRONO TRIFÁSICO NA-500-S/8		1,00				
		<p>Generador asíncrono trifásico na-500-s/8 de eje inclinado de 850 KVA cos fi, 750 rpm de velocidad nominal 380 V, incluso sondas térmicas de cada cojinete, resistencia de caldeo en parada, termistores en el devanado del estator, dispositivo para acoplamiento, etc.</p>						
			1	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
							E00IE18	1,00
E00IE19	Ud.	MULTIPLICADOR DE VELOCIDAD		1,00				
		<p>Multiplicador de velocidad con factor de servicio 2,5 y ratio 190/750 rpm, completamente instalado.</p>						
			1	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
							E00IE19	1,00
							C02.01	1,00



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

C02.02		INSTALACIONES ELÉCTRICAS					1,00
E00IE01	Ud. CELDAS DE M.T./13,2 KV.					1,00	1,00
	Celdas de 13,2 Kv serie 24/50/125 kv. formado por equipo modular de la gama SF6 compuesto por celdas equipadas con apartamenta fija bajo envolvente metálica, con la siguiente composición: Celda 1 (SIM-16) Celda 2 (SGBCB) Celda 3 (SDM-1C) Celda 4 (SGBCD) Celda 5 (Para instalación de transformador principal)						
		1	0,00	0,00	0,00	1,00	
						E00IE01	1,00
E00IE02	Ud. ELEMENTOS DE SEGURIDAD					1,00	1,00
	Elementos de seguridad formados por pérdida de salvamento y todo tipo de instalaciones de seguridad totalmente instaladas.						
		1	0,00	0,00	0,00	1,00	
						E00IE02	1,00
E00IE03	Ud. EQUIPOS DE PROTECCIÓN AUTOMATISMO Y REGULACIÓN					1,00	1,00
	Armario construido en chapa de acero laminado en frío de 2 mm. de espesor de dimensiones aproximadas l=3.200 mm. h=2.000 mm y f=600 mm. compuesto por las siguientes celdas: Celda nº 1: sincronismo, protección y medida. Celda nº 2 :automatismo y protección Celda nº 3 :potencia generador y acoplamiento Celda nº 4 :servicios auxiliares completamente instalado, según especificación técnica del proyecto.						
		1	0,00	0,00	0,00	1,00	
						E00IE03	1,00
E00IE04	Ud. ELEMENTOS DE CAMPO					1,00	1,00
	Elementos de campo formado por transmisor de nivel ultrasónico, cable para sonda, y trasmisores lineales de posición, según especificaciones de proyecto, completamente instalado.						
		1	0,00	0,00	0,00	1,00	
						E00IE04	1,00



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

E00IE05	Ud. CARGADOR DE BATERÍAS					1,00
	Equipo cargador rectificador de corriente continua alimentado a 230 V. c. a., con dispositivo de carga rápida y flotación conmutadas, y sistema de control de tensión continua, según especificaciones de proyecto, completamente instalado.					
		1	0,00	0,00	0,00	1,00
					E00IE05	1,00
E00IE06	Ud. INTERCONEXIONES DE CONTROL (CABLEADOS)					1,00
	Conjunto de interconexiones de control formado por cable flexible de Cu., cable apantallado de 2x1 mm. terminales, según medición auxiliar de proyecto, completamente instalado.					
		1	0,00	0,00	0,00	1,00
					E00IE06	1,00
E00IE07	Ud. INTERCONEXIONES DE CONTROL (CANALIZACIÓN)					1,00
	Conjunto de canalizaciones en tubo de acero y tubo flexible de 11, 16, 21 y 36 mm. de diámetro, incluso rácores y pequeño material, según medición auxiliar de proyecto, completamente instalado.					
		1	0,00	0,00	0,00	1,00
					E00IE07	1,00
E00IE08	Ud. EQUIPO DE MEDIDA DE RED					1,00
	Armario para alojamiento de contadores de medida según especificaciones de la compañía eléctrica, incluso contadores totalmente instalado y probado.					
		1	0,00	0,00	0,00	1,00
					E00IE08	1,00
E00IE09	Ud. TIERRAS					1,00
	Conjunto de elementos para red de tierras, para neutros y herrajes de transformación, generación y servicios auxiliares, según medición auxiliar de proyecto, completamente instalado.					
		1	0,00	0,00	0,00	1,00
					E00IE09	1,00



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

E00IE10	Ud.	INTERCONEXIONES DE POTENCIA (CABLEADO Y CANALIZACIÓN)					1,00
		<p>Conjunto de interconexiones de potencia formado por las siguientes canalizaciones y cables: Conexión entre armario modular de 24 Kv. y transformador de potencia, formado por cable de DHZ1 12 /20 KV. de 1x150 mm2 en aluminio.</p> <p>Conexión entre armario modular de 24 Kv. y medida de la compañía suministradora.</p> <p>Conexión entre transformador y armario de acoplamiento con cable de 1x240 mm2. en Cu, 0,6/1 KV. en bandeja PVC</p> <p>Conexión entre generador y armario de acoplamiento con cable de 1x240 mm2. en Cu, 0,6/1 KV. en bandeja de PVC</p> <p>Completamente instalado y probado.</p>					
			1	0,00	0,00	0,00	1,00
						E00IE10	1,00
E00IE12	Ud.	PROTECCIONES DE RED					1,00
		<p>Módulo multifunción para montaje empotrado de dimensiones 352 x 222 x 300 de MERLIN GERIN con las siguientes funciones: protección, medida, automatismos y comunicación, según especificaciones de proyecto totalmente instalado.</p>					
			1	0,00	0,00	0,00	1,00
						E00IE12	1,00
E00IE13	Ud.	ALUMBRADO Y EMERGENCIA					1,00
		<p>Alumbrado interior con luminarias estancas y lámparas de fluorescencia de 58 W, alumbrado de emergencia con equipos de 1 hora de autonomía y 315 lúmenes con lámpara de 8 W fluorescente y señalización incandescente, alumbrado exterior con proyectores de 250 W halógenos.</p>					
			1	0,00	0,00	0,00	1,00
						E00IE13	1,00
						C02.02	1,00



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

C02.03 AUTOMATISMO							1,00
EO0IE14	TELEMANDO Y			TELEGESTIÓN	1,00		
	<p>Instalación para telecontrol de la Central con sistema de comunicación a través de Módem telefónico vía red telefónica convencional incluyendo los siguientes equipos:</p> <p>Puesto Central.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estación remota - Programa para acceso a distancia de estación remota. - Programa de supervisión y recogida de datos (SCADA) PCWin. <p>Puesto Remoto.</p>						
		1	0,00	0,00	0,00	1,00	
						EO0IE14	1,00
EO0IE15	INGENIERÍA Y			ENSAYOS	1,00		
	<p>Condiciones técnicas de instalación de equipos y coordinación con otros suministradores durante la ejecución de la obra. Ensayos a realizar en armarios, celdas, cableados, etc. tras ejecutarse la obra.</p>						
		1	0,00	0,00	0,00	1,00	
						EO0IE15	1,00
EO0IE16	MONTAJE E			INSTALACIÓN	1,00		
	<p>instalación y montaje de los materiales relacionados en anteriores unidades, incluyendo mano de obra y gastos de personal.</p>						
		1	0,00	0,00	0,00	1,00	
						EO0IE16	1,00
EO0IE17	PUESTA EN			SERVICIO	1,00		
	<p>Puesta en servicio de la Central mediante la realización de las pruebas siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Comprobación de funcionalidad de los sistemas. - Ensayo de protecciones de red, parametrización de relés y registro de disparos. - Regulación de los parámetros de la turbina. - Verificación de potencias de generación y rendimientos del sistema. - Protocolo de explotación y gestión. 						
		1	0,00	0,00	0,00	1,00	
						EO0IE17	1,00
						C02.03	1,0



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

Código	Ud	Resumen	N	Longitud	Anchura	Altura	Parcial	Cantidad
C03		SEGURIDAD Y SALUD						1,00
C03.01		PROTECCIONES INDIVIDUALES						1,00
ESS002	Ud	Casco seguridad Distribución de casco de seguridad completo, incluso protector de nuca y amortiguador contra caídas de objetos.						15,000
ESS003	Ud	Botas de seguridad de lona Par de botas de seguridad con puntera y plantillas metálicas, homologadas.						5,000
ESS004	Ud	Botas de seguridad de cuero Distribución de par de botas de seguridad con suela y puntera reforzada, de lona.						5,000
ESS005	Ud	Botas agua cremallera Distribución de par de botas de agua en PVC, con forro interior, cremallera y relieve antideslizante en el talón, con una altura de 30 cm.						10,000
ESS006	Ud	Zapatos segur acril nitr Distribución de par de zapatos homologados de seguridad con piso vulcanizado de acrílico nitrilo de alta resistencia a la abrasión, aceites e hidrocarburos, puntera metálica pintada aislante y resistente a la corrosión, relieve en la planta con un coeficiente de adherencia de 0.24, pieles curtidas de 2.2-2.4 mm de grosor tratadas para resistir a la penetración de líquidos, según la norma MT-5.						4,000
ESS007	Ud	Botas de media caña con piso vulcanizado Distribución de par de botas homologados de seguridad con piso vulcanizado de acrílico nitrilo de alta resistencia a la abrasión, aceites e hidrocarburos, puntera metálica pintada aislante y resistente a la corrosión, relieve en la planta con un coeficiente de adherencia de 0.24, pieles curtidas de 2.2-2.4 mm de grosor tratadas para resistir a la penetración de líquidos, según la norma MT-5.						4,000
ESS009	Ud	Guantes de uso general Par de guantes de uso general de lona y serraje, contra riesgos mecánicos.						5,000
ESS013	Ud	Guantes de 10,000 Distribución de par de guantes de cuero.						
ESS014	Ud	Guantes de goma Par de guantes de goma.						5,000



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

ESS015	Ud	Mono de trabajo Mono de trabajo de poliéster-algodón, homologado	15,000
ESS016	Ud	Traje impermeable (dos piezas) Traje verde de agua de dos piezas tipo ingeniero. Amortizable en un uso.	15,000
ESS018	Ud	Mandil impermeable Suministro de mandil impermeable de material vulcanizado.	2,000
ESS019	Ud	Polainas impermeables Suministro de polainas impermeables de material vulcanizado.	2,000
ESS021	UD	Traje reflectante 2 piezas Traje de trabajo de dos piezas reflectante de alta intensidad.	10,000
ESS024	UD	Viseras de protección solar Suministro de gorras en tela, tipo visera para protección solar. Amortizables en un uso.	15,000
ESS025	Ud	Semi-mascarila antipolvo doble filtro Semimascarilla antipolvo doble filtro. Amortizable en tres usos.	5,000
ESS026	Ud	Filtro recambio de mascarilla Filtro recambio de mascarilla para polvo y humos, homologado.	20,000
ESS027	Ud	Pantalla antiproyecciones Pantalla de policarbonato, para protección contra partículas,	2,000
ESS028	Ud	Gafas contraimpactos Gafas contra impactos, incoloras homologadas.	2,000
ESS029	Ud	Gafas antipolvo Gafas antipolvo, homologadas.	2,000
ESS030	Ud	Auriculares protectores Distribución de protector auditivo tipo orejera, compuesto por dos orejeras y un arnés armado de fibra de vidrio.	5,000
ESS031	Ud	Juego tapones audit mold Distribución de juego de tapones auditivos moldeables antirruido.	5,000
ESS032	Ud	Cinturón antivibratorio Cinturón antivibratorio, homologado.	3,000
ESS034	Ud	Faja elástica sobreesfuerzos Faja elástica para protección de sobreesfuerzos, homologada.	3,000
ESS036	Ud	Cinturón portaherramientas Cinturón portaherramientas, homologado.	8,000

Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

ESS037	Ud	Arnés de seguridad Arnés de seguridad con amarre dorsal fabricado con cincha de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable, homologado CE. Amortizable en cinco obras. Ordenanza General de Seguridad e Higiene de 9 de marzo de 1991.	3,000
ESS038	Ud	Botas aislantes Par de botas aislantes para electricista hasta 5000V de tensión.	2,000
ESS039	Ud	Guantes soldad acolch Distribución de guantes de soldador acolchado con puño de 20 cm.	2,000
ESS040	Ud	Guantes aislantes Par de guantes aislantes para protección en contacto eléctrico en tensión hasta 5000V, amortizable en tres usos.	2,000
ESS044	Ud	Careta de soldador Distribución de pantalla homologada de cristal abatible para soldadura con casco de enganche rápido, amortizable en cinco usos.	3,000
ESS045	Ud	Pantalla de protección para soldadura oxiacetífica Distribución de pantalla homologada abatible con fijación en cabeza, amortizable en cinco usos.	3,000
ESS046	Ud	Gafas de protección frente a radiaciones Distribución de gafas de protección frente a radiaciones emitidas por arco voltaico, homologadas. Amortizables en cinco usos.	3,000
ESS047	Ud	Manguitos de cuero Distribución de manguitos de cuero para soldadura, amortizable en un solo uso.	2,000
ESS048	Ud	Polainas de cuero Distribución de par de polainas de cuero para soldadura de dimensiones 25 a 30 cm, con cierre de velcro, amortizable en dos usos.	2,000
ESS049	Ud	Mandil de cuero Distribución mandil de cuero para soldadura, de dimensiones 90x60 cm, amortizable en un solo uso.	2,000
			C03.01 1,00

Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

C03.02		PROTECCIONES COLECTIVAS	1,00
ESS050	Ud	Pictogr 148x297mm opac Pictograma de señalización de dimensiones 148x297 mm y de tipo opaco, con señalización diversa en zona de obras.	10,000
ESS051	Ud	Valla normalizada de desvío tráfico Valla normalizada de desviación de tráfico, incluso soporte con poste y crucetas, amortizable en tres obras.	15,000
ESS052	Ud	Valla de obra reflectante Valla de obra reflectante 170x25 cm de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con terminación en colores rojo y blanco, patas metálicas, amortizables en cinco usos, incluso colocación y desmontaje.	5,000
ESS054	M2	Malla plástica Distribución y colocación de malla plástica para señalización, balizamiento, protección en vaciados, excavaciones, andamios y otros usos, incluso colocación y desmontaje.	150,000
ESS055	M1	Cinta de balizamiento. Cinta de balizamiento bicolor, roja y blanca de material plástico, incluso colocación y desmontaje.	150,000
ESS056	M2	Pasarela de protección de zanjas, pozos o huecos Pasarela de protección en zanjas, pozos o huecos, en superficies horizontales con chapa de acero de 12mm, incluso colocación y desmontaje (amortizable en 10 usos)	12,000
ESS057	Ud	Tope limitador de avance y/o retroceso. Tope limitador de avance y/o retroceso para camiones y maquinaria, colocados en lugares de vertido de materiales, completamente colocados y anclados al terreno.	3,000
ESS060	M1	Línea de seguridad horizontal Suministro e instalación de línea de vida constituida por cable galvanizado de D=10 mm, anclajes estructurales en extremos, anclajes y postes intermedios (cada 5m máximo), carrete absorbedor y tensor, con capacidad para dos usuarios, incluso colocación y desmontaje.	20,000
ESS063	Ud	Portalámparas portátil de seguridad. Suministro de portalámparas portátil de seguridad.	2,000
ESS064	Ud	Válvula antirretroceso. Suministro de portalámparas portátil de seguridad.	2,000
ESS065	H	Mano de obra para mantenimiento y reposición de protecciones Mano de obra del personal empleado en mantenimiento y reposición de protecciones.	50,000
			1,00
			C03.02



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

C03.03	EXTINCIÓN DE INCENDIOS		1,00
ESS066	Ud	Extintor de nieve carbónica CO2 Extintor de nieve carbónica CO2, de eficacia 89B, con 5 Kg de agente extinto, con soporte y boquilla con difusor, según norma UNE 23110, completamente instalado	1,000
ESS067	Ud	Extintor de polvo químico ABC polivalente Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/233B, de 6 Kg de agente extinto, con soporte manómetro comprobable, y boquilla con difusor, según UNE 23110, completamente instalado	4,000
			C03.03 1,00



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

C03.05 INSTALACIÓN HIGIENE Y BIENESTAR		1,00
ESS073	Ud Alquiler instalación de caseta de obra Mes de alquiler de instalación de caseta de obra. Aislada interiormente. Ventanas de aluminio anodizado, con persianas correderas de protección, incluso instalación eléctrica con distribución interior de alumbrado y fuerza con toma exterior a 220 V o acceso a una instalación equivalente.	12,000
ESS075	Ud Taquillas Taquilla metálica individual para vestuario de 1,80m de altura en acero laminado en frío, con tratamiento antifosfatante y anticorrosivo con pintura secada al horno, cerradura, balda, tubo percha y lamas de ventilación en puerta. Totalmente instalada (amortizable en tres usos)	12,000
ESS076	H Mano de obra de conservación Mano de obra empleada en limpieza, desinfección, conservación y recogida de basuras en las diversas instalaciones higiénicas del personal de la obra.	50,000
ESS077	Ud Cubo para recogida de basuras Cubo para recogida de basuras, amortizable en dos usos.	1,000
ESS078	Ud Dosificador de jabón Dosificador de jabón de uso industrial de 0.5 l de capacidad, colocado amortizable en tres usos.	1,000
ESS079	MI Acometida provisional de electricidad Acometida provisional de electricidad a caseta de obra desde el cuadro general, formada por manguera flexible de 4x6mm ² de tensión nominal 750 V, incorporando conductor de tierra verde-amarillo, fijada sobre apoyos intermedios cada 2.50 m totalmente instalada.	1,000
ESS082	Ud Acometida provisional de fontanería Acometida provisional de fontanería para la obra de la red de agua potable hasta una longitud máxima de 8m, realizada con tubo de polietileno de 25 mm de diámetro de alta densidad, y para 10 at de presión máxima, con collarín de toma de fundición, p.p. de piezas especiales de polietileno y tapón roscado, incluso permisos y derechos para la conexión, totalmente terminada y en funcionamiento, sin incluir rotura del pavimento.	1,000
ESS083	Ud Acometida provisional de saneamiento Acometida provisional de saneamiento de caseta de obra a la red, hasta una distancia de 8m, colocación de tubería de hormigón en masa de enchufe de campana, con junta de goma de 20cm de diámetro interior.	1,000
C03.05		1,00



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

CO3.06		INSTALACIÓN HIGIENE Y BIENESTAR		1,00
ESS082	Ud	Botiquín de obra		2,000
		Botiquín de obra instalado, con los contenidos mínimos exigidos en el Pliego del Estudio de Seguridad y Salud, amortizable en tres obras.		
ESS083	Ud	Reposición de Botiquín		2,000
		Reposición de material de botiquín de obra, amortizable en dos obras.		
ESS084	Ud	Reconocimiento médico obligatorio		12,000
		Reconocimiento médico obligatorio, para los trabajadores al inicio de la obra y al ser contratados.		
			CO3.06	1,00



Presupuesto. ESTADO DE MEDICIONES

C03.07		FORMACIÓN Y REUNIONES SEGURIDAD		1,00
ESS085	Ud	Reunión de Seguridad y Salud		12,000
		Reunión con una periodicidad al menos mensual del jefe de la obra, de los responsables de seguridad del contratista, su servicio de prevención, del coordinador en seguridad y salud de la obra y si estuvieran nombrados de alguno de los delegados de prevención, para evaluar el estado de la obra en todos los aspectos relacionados con la Seguridad y la Salud de los trabajadores, incluso información a los trabajadores de los comportamientos seguros en la realización de los trabajos de cada tajo.		
ESS086	H	Formación en materia de Seguridad y Salud		50,000
		Formación en medidas de seguridad y salud en el trabajo, realizada por personal cualificado		
			C03.07	1,00

CUADRO DE PRECIOS N^o 1



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 1

Código	Nat	Ud	Resumen	Precio (€)
C02			INSTALACIÓN ELECTROMECÁNICA	
C02.01	Capítulo		INSTALACIONES MECÁNICAS	
E0101019	Partida	Ud	<p>COMPUERTA MOTORIZADA</p> <p>Compuerta motorizada de dimensiones 5,05 x 3,2 m. de altura, con cierre a los cuatro lados, cierre por gravedad y apertura mediante cilindro hidráulico, para una presión de empuje de 10 mts de columna de agua sin equilibrio de empujes.</p>	29.249,80
E0101020	Partida	Ud.	<p>LIMPIARREJAS HIDRÁULICO</p> <p>Limpiaarreas hidráulico de 5,05 mts de ancho y 4,5 mts de largo, capacidad de carga 1.500 Kg, potencia 5,5 C.V. tensión 400 V. Funcionamiento totalmente automático y con la posibilidad de funcionar a mano para extraer troncos de grandes dimensiones.</p>	27.044,80
E0101021	Partida	Ud.	<p>CANALETA CON BOMBA DE LIMPIEZA</p> <p>Canaleta de 6 mts de longitud, con bomba de limpieza, totalmente galvanizada en caliente.</p>	3.510,00
E0101022	Partida	Ud.	<p>REJILLA DE GRUESOS</p> <p>Rejilla de gruesos de 5,05 mts de ancho y 4,5 mts de largo galvanizada en caliente.</p>	8.113,50
E0237001	Partida	Ud	<p>PUENTE GRUA 8.000 KG; LUZ 9,00 M</p> <p>Puente grúa monorraíl con polipasto eléctrico de las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marca: Vicinay - Capacidad de carga: 8.000 kg. - Luz entre ejes de carriles: 9,00 m. - Velocidad de elevación: 6 m/min. - Velocidad de traslación del carro: 20 m/min. - Velocidad de traslación del puente: 20 m/min. - Longitud de desplazamiento del puente grúa: 15 m. - Alimentación eléctrica: por manguera plana de neopreno <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estructura del puente: chapa de acero y perfiles - Aparejo: acero F-115/F-3 - Ruedas: acero forjado <p>Accionamiento: motorreductores eléctricos (motores según Esp. Tec. 2.00.00.02)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tipo: monobloc - Potencia motor elevación: 2 CV - Potencia motor traslación del carro: 0,25 CV - Potencia motores traslación del puente: 2 x 0,25 CV <p>Acabado:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Según standard del fabricante <p>(Resto de características según Esp. Tec. 2.37.10.01) Incluso parte proporcional de rail guía.</p>	17.276,00



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 1

EC003312	Partida	Ud. TURBINA TIPO KAPLAN	178.798,98
		Turbina tipo Kaplan en bulbo para 20 m ³ /seg. y 4,6 m. de salto, de 750 rpm y potencia nominal 760 Kw, según especificaciones técnicas de proyecto, incluso montaje, carcasa tipo bulbo y tubo de aspiración.	
E00IE18	Partida	Ud. GENERADOR ASINCRONO TRIFÁSICO NA-500-S/8	36.470,65
		Generador asíncrono trifásico na-500-s/8 de eje inclinado de 850 KVA cos fi, 750 rpm de velocidad nominal 380 V, incluso sondas térmicas de cada cojinete, resistencia de caldeo en parada, termistores en el devanado del estator, dispositivo para acoplamiento, etc.	
E00IE19	Partida	Ud. MULTIPLICADOR DE VELOCIDAD	54.161,63
		Multiplicador de velocidad con factor de servicio 2,5 y ratio 190/750 rpm, completamente instalado.	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 1

C02.02	Capítulo	INSTALACIONES ELÉCTRICAS		
E00IE01	Partida	Ud.	<p>CELDAS DE M.T./13,2 KV.</p> <p>Celdas de 13,2 Kv serie 24/50/125 kv. formado por equipo modular de la gama SF6 compuesto por celdas equipadas con apartamento fija bajo envolvente metálica, con la siguiente composición: Celda 1 (SIM-16) Celda 2 (SGBCB) Celda 3 (SDM-1C) Celda 4 (SGBCD) Celda 5 (Para instalación de transformador principal)</p>	27.261,20
E00IE02	Partida	Ud.	<p>ELEMENTOS DE SEGURIDAD</p> <p>Elementos de seguridad formados por pérdida de salvamento y todo tipo de instalaciones de seguridad totalmente instaladas.</p>	1.070,80
E00IE03	Partida	Ud.	<p>EQUIPOS DE PROTECCIÓN AUTOMATISMO Y REGULACIÓN</p> <p>Armario construido en chapa de acero laminado en frío de 2 mm. de espesor de dimensiones aproximadas l=3.200 mm. h=2.000 mm y f=600 mm. compuesto por las siguientes celdas: Celda nº 1: sincronismo, protección y medida. Celda nº 2: automatismo y protección Celda nº 3: potencia generador y acoplamiento Celda nº 4: servicios auxiliares completamente instalado, según especificación técnica del proyecto.</p>	28.721,50
E00IE04	Partida	Ud.	<p>ELEMENTOS DE CAMPO</p> <p>Elementos de campo formado por transmisor de nivel ultrasónico, cable para sonda, y trasmisores lineales de posición, según especificaciones de proyecto, completamente instalado.</p>	3.212,40
E00IE05	Partida	Ud.	<p>CARGADOR DE BATERÍAS</p> <p>Equipo cargador rectificador de corriente continua alimentado a 230 V. c. a., con dispositivo de carga rápida y flotación conmutadas, y sistema de control de tensión continua, según especificaciones de proyecto, completamente instalado.</p>	2.043,90



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 1

E00IE06	Partida	Ud.	<p>INTERCONEXIONES DE CONTROL (CABLEADOS)</p> <p>Conjunto de interconexiones de control formado por cable flexible de Cu., cable apantallado de 2x1 mm. terminales, según medición auxiliar de proyecto, completamente instalado.</p>	3.105,50
E00IE07	Partida	Ud.	<p>INTERCONEXIONES DE CONTROL (CANALIZACIÓN)</p> <p>Conjunto de canalizaciones en tubo de acero y tubo flexible de 11, 16, 21 y 36 mm. de diámetro, incluso rácores y pequeño material, según medición auxiliar de proyecto, completamente instalado.</p>	1.051,40
E00IE08	Partida	Ud.	<p>EQUIPO DE MEDIDA DE RED</p> <p>Armario para alojamiento de contadores de medida según especificaciones de la compañía eléctrica, incluso contadores totalmente instalado y probado.</p>	5.651,30
E00IE09	Partida	Ud.	<p>TIERRAS</p> <p>Conjunto de elementos para red de tierras, para neutros y herrajes de transformación, generación y servicios auxiliares, según medición auxiliar de proyecto, completamente instalado.</p>	2.846,70
E00IE10	Partida	Ud.	<p>INTERCONEXIONES DE POTENCIA (CABLEADO Y CANALIZACIÓN)</p> <p>Conjunto de interconexiones de potencia formado por las siguientes canalizaciones y cables: Conexión entre armario modular de 24 Kv. y transformador de potencia, formado por cable de DHZ1 12 /20 KV. de 1x150 mm² en aluminio. Conexión entre armario modular de 24 Kv. y medida de la compañía suministradora. Conexión entre transformador y armario de acoplamiento con cable de 1x240 mm². en Cu, 0,6/1 KV. en bandeja PVC Conexión entre generador y armario de acoplamiento con cable de 1x240 mm². en Cu, 0,6/1 KV. en bandeja de PVC Completamente instalado y probado.</p>	4.371,50
E00IE12	Partida	Ud.	<p>PROTECCIONES DE RED</p> <p>Módulo multifunción para montaje empotrado de dimensiones 352 x 222 x 300 de MERLIN GERIN con las siguientes funciones: protección, medida, automatismos y comunicación, según especificaciones de proyecto totalmente instalado.</p>	6.085,40
E00IE13	Partida	Ud.	<p>ALUMBRADO Y EMERGENCIA</p> <p>Alumbrado interior con luminarias estancas y lámparas de fluorescencia de 58 W, alumbrado de emergencia con equipos de 1 hora de autonomía y 315 lúmenes con lámpara de 8 W fluorescente y señalización incandescente, alumbrado exterior con proyectores de 250 W halógenos.</p>	1.800,60



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 1

C02.03	Capítulo	AUTOMATISMOS	
E00IE14	Partida	TELEMANDO Y TELEGESTIÓN Instalación para telecontrol de la Central con sistema de comunicación a través de Módem telefónico vía red telefónica convencional incluyendo los siguientes equipos: Puesto Central. - Estación remota - Programa para acceso a distancia de estación remota. - Programa de supervisión y recogida de datos (SCADA) PCWin. Puesto Remoto.	14.604,50
E00IE15	Partida	INGENIERÍA Y ENSAYOS Condiciones técnicas de instalación de equipos y coordinación con otros suministradores durante la ejecución de la obra. Ensayos a realizar en armarios, celdas, cableados, etc. tras ejecutarse la obra.	3.948,60
E00IE16	Partida	MONTAJE E INSTALACIÓN instalación y montaje de los materiales relacionados en anteriores unidades, incluyendo mano de obra y gastos de personal.	13.522,70
E00IE17	Partida	PUESTA EN SERVICIO Puesta en servicio de la Central mediante la realización de las pruebas siguientes: - Comprobación de funcionalidad de los sistemas. - Ensayo de protecciones de red, parametrización de relés y registro de disparos. - Regulación de los parámetros de la turbina. - Verificación de potencias de generación y rendimientos del sistema. - Protocolo de explotación y gestión.	7.572,70



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 1

Código	Nat	Ud	Resumen	Importe
C03			SEGURIDAD Y SALUD	
C03.01	Capítulo		PROTECCIONES INDIVIDUALES	
ESS002	Partida	Ud	Casco seguridad Distribución de casco de seguridad completo, incluso protector de nuca y amortiguador contra caídas de objetos.	7,21
ESS003	Partida	Ud	Botas de seguridad de lona Par de botas de seguridad con puntera y plantillas metálicas, homologadas.	15,02
ESS004	Partida	Ud	Botas de seguridad de cuero Distribución de par de botas de seguridad con suela y puntera reforzada, de lona.	18,78
ESS005	Partida	Ud	Botas agua cremallera Distribución de par de botas de agua en PVC, con forro interior, cremallera y relieve antideslizante en el talón, con una altura de 30 cm.	13,07
ESS006	Partida	Ud	Zapatos segur acril nitr Distribución de par de zapatos homologados de seguridad con piso vulcanizado de acrílo nitrilo de alta resistencia a la abrasión, aceites e hidrocarburos, puntera metálica pintada aislante y resistente a la corrosión, relieve en la planta con un coeficiente de adherencia de 0.24, pieles curtidas de 2.2-2.4 mm de grosor tratadas para resistir a la penetración de líquidos, según la norma MT-5.	22,03
ESS007	Partida	Ud	Botas de media caña con piso vulcanizado Distribución de par de botas homologados de seguridad con piso vulcanizado de acrílo nitrilo de alta resistencia a la abrasión, aceites e hidrocarburos, puntera metálica pintada aislante y resistente a la corrosión, relieve en la planta con un coeficiente de adherencia de 0.24, pieles curtidas de 2.2-2.4 mm de grosor tratadas para resistir a la penetración de líquidos, según la norma MT-5.	24,75
ESS009	Partida	Ud	Guantes de uso general Par de guantes de uso general de lona y serraje, contra riesgos mecánicos.	2,15
ESS013	Partida	Ud	Guantes de cuero Distribución de par de guantes de cuero.	4,07



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 1

ESS014	Partida	Ud	Guantes de goma Par de guantes de goma.	1,65
ESS015	Partida	Ud	Mono de trabajo Mono de trabajo de poliéster-algodón, homologado	12,62
ESS016	Partida	Ud	Traje impermeable (dos piezas) Traje verde de agua de dos piezas tipo ingeniero. Amortizable en un uso.	20,34
ESS018	Partida	Ud	Mandil impermeable Suministro de mandil impermeable de material vulcanizado.	8,76
ESS019	Partida	Ud	Polainas impermeables Suministro de polainas impermeables de material vulcanizado.	8,76
ESS021	Partida	Ud	Traje reflectante 2 piezas Traje de trabajo de dos piezas reflectante de alta intensidad.	39,36
ESS024	Partida	Ud	Viseras de protección solar Suministro de gorras en tela, tipo visera para protección solar. Amortizables en un uso.	1,50
ESS025	Partida	Ud	Semi-mascarila antipolvo doble filtro Semimascarilla antipolvo doble filtro. Amortizable en tres usos.	13,07
ESS026	Partida	Ud	Filtro recambio de mascarilla Filtro recambio de mascarilla para polvo y humos, homologado.	1,70
ESS027	Partida	Ud	Pantalla antiproyecciones Pantalla de policarbonato, para protección contra partículas, homologada.	5,47
ESS028	Partida	Ud	Gafas contra impactos Gafas contra impactos, incoloras homologadas.	3,80
ESS029	Partida	Ud	Gafas antipolvo Gafas antipolvo, homologadas.	0,87
ESS030	Partida	Ud	Auriculares protectores Distribución de protector auditivo tipo orejera, compuesto por dos orejeras y un arnés armado de fibra de vidrio.	15,55
ESS031	Partida	Ud	Juego tapones audit mold Distribución de juego de tapones auditivos moldeables antirruído.	0,45
ESS032	Partida	Ud	Cinturón antovibratorio Cinturón antivibratorio, homologado.	12,86
ESS034	Partida	Ud	Faja elástica sobreesfuerzos Faja elástica para protección de sobreesfuerzos, homologada.	10,37



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 1

ESS036	Partida	Ud	Cinturón portaherramientas Cinturón portaherramientas, homologado.	9,35
ESS037	Partida	Ud	Arnés de seguridad Arnés de seguridad con amarre dorsal fabricado con cincha de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable, homologado CE. Amortizable en cinco obras. Ordenanza General de Seguridad e Higiene de 9 de marzo de 1991.	82,04
ESS038	Partida	Ud	Botas aislantes Par de botas aislantes para electricista hasta 5000V de tensión.	21,76
ESS039	Partida	Ud	Guantes soldad acolch Distribución de guantes de soldador acolchado con puño de 20 cm.	9,17
ESS040	Partida	Ud	Guantes aislantes Par de guantes aislantes para protección en contacto eléctrico en tensión hasta 5000V, amortizable en tres usos.	9,17
ESS044	Partida	Ud	Careta de soldador Distribución de pantalla homologada de cristal abatible para soldadura con casco de enganche rápido, amortizable en cinco usos.	19,83
ESS045	Partida	Ud	Pantalla de protección para soldadura oxiacetilica Distribución de pantalla homologada abatible con fijación en cabeza, amortizable en cinco usos.	9,29
ESS046	Partida	Ud	Gafas de protección frente a radiaciones Distribución de gafas de protección frente a radiaciones emitidas por arco voltaico, homologadas. Amortizables en cinco usos.	16,93
ESS047	Partida	Ud	Manguitos de cuero Distribución de manguitos de cuero para soldadura, amortizable en un solo uso.	2,90
ESS048	Partida	Ud	Polainas de cuero Distribución de par de polainas de cuero para soldadura de dimensiones 25 a 30 cm, con cierre de velcro, amortizable en dos usos.	6,00
ESS049	Partida	Ud	Mandil de cuero Distribución mandil de cuero para soldadura, de dimensiones 90x60 cm, amortizable en un solo uso.	9,62



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 1

C03.02	Capítulo	PROTECCIONES COLECTIVAS		
ESS050	Partida	Ud	Pictogr 148x297mm opac Pictograma de señalización de dimensiones 148x297 mm y de tipo opaco, con señalización diversa en zona de obras.	4,24
ESS051	Partida	Ud	Valla normalizada de desvío tráfico Valla normalizada de desviación de tráfico, incluso soporte con poste y crucetas, amortizable en tres obras.	18,63
ESS052	Partida	Ud	Valla de obra reflectante Valla de obra reflectante 170x25 cm de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con terminación en colores rojo y blanco, patas metálicas, amortizables en cinco usos, incluso colocación y desmontaje.	21,21
ESS054	Partida	M2	Malla plástica Distribución y colocación de malla plástica para señalización, balizamiento, protección en vaciados, excavaciones, andamios y otros usos, incluso colocación y desmontaje.	0,75
ESS055	Partida	MI	Cinta de balizamiento. Cinta de balizamiento bicolor, roja y blanca dematerial plástico, incluso colocación y desmontaje.	0,45
ESS056	Partida	M2	Pasarela de protección de zanjas, pozos o huecos Pasarela de protección en zanjas, pozos o huecos, en superficies horizontales con chapa de acero de 12mm, incluso colocación y desmontaje (amortizable en 10 usos)	4,06
ESS057	Partida	Ud	Tope limitador de avance y/o retroceso. Tope limitador de avance y/o retroceso para camiones y maquinaria, colocados en lugares de vertido de materiales, completamente colocado y anclado al terreno.	21,50
ESS060	Partida	MI	Línea de seguridad horizontal Suministro e instalación de línea de vida constituida por cable galvanizado de D=10 mm, anclajes estructurales en extremos, anclajes y postes intermedios (cada 5m máximo), carrete absorbedor y tensor, con capacidad para dos usuarios, incluso colocación y desmontaje.	17,13
ESS063	Partida	Ud	Portalámparas portátil de seguridad. Suministro de portalámparas portátil de seguridad.	3,85
ESS064	Partida	Ud	Válvula antirretroceso. Suministro de portalámparas portátil de seguridad.	12,94
ESS065	Partida	H	Mano de obra para mantenimiento y reposición de protecciones Mano de obra del personal empleado en mantenimiento y reposición de protecciones.	9,83



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 1

C03.03	Capítulo	EXTINCIÓN DE INCENDIOS		
ESS066	Partida	Ud	Extintor de nieve carbónica CO2 Extintor de nieve carbónica CO2, de eficacia 89B, con 5 Kg de agente extinto, con soporte y boquilla con difusor, según norma UNE 23110, completamente instalado	88,52
ESS067	Partida	Ud	Extintor de polvo químico ABC polivalente Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/233B, de 6 Kg de agente extinto, con soporte manómetro comprobable, y boquilla con difusor, según UNE 23110, completamente instalado	47,48



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 1

C03.04	Capítulo	PROTECCIÓN INSTALACIÓN ELÉCTRICA		
ESS070	Partida	Ud	Montaje de interruptor diferencial de 40A I. nominal	73,01
			Montaje o instalación de interruptor diferencial de 30 mA de sensibilidad y 40 A de intensidad nominal para instalar a 380 V.	
ESS071	Partida	Ud	Montaje de interruptor diferencial de 80A I. nominal	78,64
			Montaje o instalación de interruptor diferencial de 30 mA de sensibilidad y 80 A de intensidad nominal para instalar a 380 V.	
ESS072	Partida	Ud	Montaje de toma a tierra	83,47
			Montaje o instalación de toma a tierra mediante pica de acero cobrizado de 17.3 mm de diámetro y 1.50 de longitud, placa de acero galvanizado de dimensiones 500x500 mm y 31m de cable trenzado de cobre redondo de 35mm ² de sección bajo funda de vinilo transparente	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 1

C03.05	Capítulo	INSTALACIÓN HIGIENE Y BIENESTAR		
ESS073	Partida	Ud	Alquiler instalación de caseta de obra Mes de alquiler de instalación de caseta de obra. Aislada interiormente. Ventanas de aluminio anodizado, con persianas correderas de protección, incluso instalación eléctrica con distribución interior de alumbrado y fuerza con toma exterior a 220 V o acceso a una instalación equivalente.	132,22
ESS075	Partida	Ud	Taquillas Taquilla metálica individual para vestuario de 1,80m de altura en acero laminado en frío, con tratamiento antifosfatante y anticorrosivo con pintura secada al horno, cerradura, balda, tubo percha y lamas de ventilación en puerta. Totalmente instalada (amortizable en tres usos)	22,84
ESS076	Partida	H	Mano de obra de conservación Mano de obra empleada en limpieza, desinfección, conservación y recogida de basuras en las diversas instalaciones higiénicas del personal de la obra.	9,83
ESS077	Partida	Ud	Cubo para recogida de basuras Cubo para recogida de basuras, amortizable en dos usos.	16,83
ESS078	Partida	Ud	Dosificador de jabón Dosificador de jabón de uso industrial de 0.5 l de capacidad, colocado amortizable en tres usos.	7,81
ESS079	Partida	MI	Acometida provisional de electricidad Acometida provisional de electricidad a caseta de obra desde el cuadro general, formada por manguera flexible de 4x6mm ² de tensión nominal 750 V, incorporando conductor de tierra verde-amarillo, fijada sobre apoyos intermedios cada 2.50 m totalmente instalada.	5,23
ESS082	Partida	Ud	Acometida provisional de fontanería Acometida provisional de fontanería para la obra de la red de agua potable hasta una longitud máxima de 8m, realizada con tubo de polietileno de 25 mm de diámetro de alta densidad, y para 10 at de presión máxima, con collarín de toma de fundición, p.p. de piezas especiales de polietileno y tapón roscado, incluso permisos y derechos para la conexión, totalmente terminada y en funcionamiento, sin incluir rotura del pavimento.	77,07
ESS083	Partida	Ud	Acometida provisional de saneamiento Acometida provisional de saneamiento de caseta de obra a la red, hasta una distancia de 8m, colocación de tubería de hormigón en masa de enchufe de campana, con junta de goma de 20cm de diámetro interior.	90,15



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 1

C03.06	Capítulo	MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS		
ESS082	Partida	Ud	Botiquín de obra Botiquín de obra instalado, con los contenidos mínimos exigidos en el Pliego del Estudio de Seguridad y Salud, amortizable en tres obras.	94,96
ESS083	Partida	Ud	Reposición de Botiquín Reposición de material de botiquín de obra, amortizable en dos obras.	51,69
ESS084	Partida	Ud	Reconocimiento médico obligatorio Reconocimiento médico obligatorio, para los trabajadores al inicio de la obra y al ser contratados.	31,85



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 1

C03.07	Capítulo	FORMACIÓN Y REUNIONES SEGURIDAD		
ESS085	Partida	Ud	Reunión de Seguridad y Salud Reunión con una periodicidad al menos mensual del jefe de la obra, de los responsables de seguridad del contratista, su servicio de prevención, del coordinador en seguridad y salud de la obra y si estuvieran nombrados de alguno de los delegados de prevención, para evaluar el estado de la obra en todos los aspectos relacionados con la Seguridad y la Salud de los trabajadores, incluso información a los trabajadores de los comportamientos seguros en la realización de los trabajos de cada tajo.	125,52
ESS086	Partida	H	Formación en materia de Seguridad y Salud Formación en medidas de seguridad y salud en el trabajo, realizada por personal cualificado	11,06

CUADRO DE PRECIOS N° 2



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

Código	Nat	Ud	Resumen	Canti	Precio	Importe
C01			OBRA CIVIL DE LA MINICENTRAL			
C01.01	Capítulo		ACCESO, URBANIZACIÓN Y JARDINERÍA			
E1101005	Partida	m2	DEMOLICIÓN PAV. EXIST. Demolición de pavimento existente y transporte a vertedero.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,036	11,61	0,42
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,055	9,62	0,53
M1100013	Maquinaria	h.	Excav.hidr.neumáticos 100 CV	0,041	33,47	1,37
M1100022	Maquinaria	h.	Martillo rompedor hidra. 600 kg.	0,040	7,85	0,31
M1100016	Maquinaria	h.	Retrocargadora neum. 75 CV	0,010	30,73	0,31
M1100026	Maquinaria	h.	Camión basculante 4x4 14 t.	0,020	34,18	0,68
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,036	6,00	0,22
			E1101005		3,84	
E0109009	Partida	Ud.	RETIRADA, ACOPIO Y RECOLOCACIÓN BÁCULO DE LUZ Retirada, acopio y recolocación de báculo de luz existente. Incluso parte proporcional de anclajes y sustentación.			
O1100004	Mano de obra	h.	Oficial segunda	0,500	10,47	5,24
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,500	9,62	4,81
M1200001	Maquinaria	H	Grúa telescópica s/ camión 20 Tn	2,000	56,67	113,34
%6	Otros	%	Costes indirectos	1,234	6,00	7,40
			E0109009	1,00	130,79	130,79



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0101011	Partida	m3	TERRAPLÉN CON MATERIAL PROCEDENTE DE PRESTAMO Terraplén con productos procedentes de préstamo, para la construcción del núcleo y cimientos, incluso transporte, extensión, humectación y compactación.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,012	11,61	0,14
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,076	9,62	0,73
M1100036	Maquinaria	h.	Motoniveladora de 200 CV	0,002	44,44	0,09
M1100014	Maquinaria	h.	Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3	0,002	31,28	0,06
M1100026	Maquinaria	h.	Camión basculante 4x4 14 t.	0,060	34,18	2,05
M1100033	Maquinaria	h.	Cisterna agua s/camión 10.000 l.	0,001	21,95	0,02
M1100039	Maquinaria	h.	Rodillo vibr.autopr.mixto 7 t.	0,008	24,69	0,20
P1100152	Material	m3	Suelo préstamo	1,000	1,23	1,23
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,045	6,00	0,27
			E0101011		4,79	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0101000	Partida	m3	TERRAPLEN CON MATERIALES PROCEDENTE DE LA EXCAVACION Terraplén con productos procedentes de la excavación, para la construcción cimientos, incluso transporte, extensión, humectación y compactación.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,010	11,61	0,12
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,005	9,62	0,05
M1100036	Maquinaria	h.	Motoniveladora de 200 CV	0,010	44,44	0,44
M1100014	Maquinaria	h.	Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3	0,002	31,28	0,06
M1100026	Maquinaria	h.	Camión basculante 4x4 14 t.	0,005	34,18	0,17
M1100033	Maquinaria	h.	Cisterna agua s/camión 10.000 l.	0,001	21,95	0,02
M1100039	Maquinaria	h.	Rodillo vibr.autopr.mixto 7t.	0,008	24,69	0,20
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,011	6,00	0,07
			E0101000		1,13	
E0101001	Partida	m3	EXCAVACIÓN PARA EL VACIADO DE LA MINICENTRAL Excavación para el vaciado de la minicentral, transporte a vertedero o lugar de empleo.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,060	11,61	0,70
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,120	9,62	1,15
M1100016	Maquinaria	h.	Retrocargadora neum. 75 CV	0,120	30,73	3,69
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,055	6,00	0,33
			E0101001		5,87	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E1101001	Partida	m3	EXCAVACIÓN DESMONTE Excavación a cielo abierto con transporte de a vertedero o lugar de empleo e incluso agotamiento.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,009	11,61	0,10
M1100011	Maquinaria	h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV	0,009	85,05	0,77
M1100027	Maquinaria	h.	Camión basculante 6x4 20 t.	0,030	41,15	1,23
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,021	6,00	0,13
			E1101001		2,23	
E0101008	Partida	m3	DEMOLICIÓN OBRA HORMIGÓN EN MASA Demolición de obra de hormigón armado o en masa, incluso retirada, carga y transporte de vertedero.			
O1100006	Mano de obra	h.	Peón especializado	0,400	9,75	3,90
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,400	9,62	3,85
M1100017	Maquinaria	h.	Compre.port.diesel m.p. 5 m3/min	0,700	5,45	3,82
M1100019	Maquinaria	h.	Martillo man.perfor.neum. 20 kg.	0,700	0,40	0,28
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,119	6,00	0,71
			E0101008		12,56	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

EC003308	Partida	m3	DESMONTAJE DE ESCOLLERA Desmontaje de escollera hormigonada, incluso acopio de material.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,015	11,61	0,17
M1100011	Maquinaria	h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV	0,015	85,05	1,28
M1100019	Maquinaria	h.	Martillo man.perfor.neum. 20 kg.	0,100	0,40	0,04
M1100027	Maquinaria	h.	Camión basculante 6x4 20 t.	0,160	41,15	6,58
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,081	6,00	0,49
			EC003308		8,56	
E1112002	Partida	m2	SIEMBRA CESPED Siembra de césped			
O1100029	Mano de obra	h.	Oficial 1ª jardinería	0,078	11,18	0,87
O1100030	Mano de obra	h.	Peón jardinería	0,161	9,76	1,57
M1100043	Maquinaria	h.	Motocultor 60/80 cm.	0,040	4,55	0,18
P1100149	Material	kg	Mezcla sem.césped rústico 3 vari	0,040	4,88	0,20
P1100147	Material	kg	Abono mineral NPK 15-15-15	0,025	0,05	0,00
P1100145	Material	m3	Mantillo limpio cribado	0,007	18,72	0,13
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,030	6,00	0,18
			E1112002		3,13	
EC003309	Partida	ml	DESMONTAJE RED DE RIEGO			
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,500	9,62	4,81
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,048	6,00	0,29
			EC003309		5,10	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0206011	Partida	Ud	REPOSICIÓN RED DE RIEGO Conjunto de tuberías, accesorios y equipos de para la adaptación de la red existente a las necesidades de las nuevas zonas a regar.			
EC003301	Partida	m2	GEOTEXTIL DE 200 g./m2	0,00	1,65	0,00
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,010	9,62	0,10
PC00101	Material	m2	Geotextil de 200 gr./m2	1,000	1,45	1,45
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,016	6,00	0,10
			EC003301		1,65	
EC003303	Partida	ml	DESMONTAJE DE BALAUSTRADA. Desmontaje y acopio de balaustrada.			
O1100005	Mano de obra	h.	Ayudante	0,200	9,75	1,95
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,200	9,62	1,92
M1100017	Maquinaria	h.	Compre.port.diesel m.p. 5 m3/min	0,100	5,45	0,55
M1100015	Maquinaria	h.	Retrocargadora neum. 50 CV	0,150	24,97	3,75
M1100026	Maquinaria	h.	Camión basculante 4x4 14 t.	0,100	34,18	3,42
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,116	6,00	0,70
			EC003303		12,29	
EC003302	Partida	ml	BALAUSTRADA RED. HOR. BLANCO Recolocación de balaustrada existente.			
O1100009	Mano de obra	h.	Cuadrilla F	0,000	23,41	0,00
O1100004	Mano de obra	h.	Oficial segunda	1,000	10,47	10,47
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	1,000	9,62	9,62
			O1100009		23,41	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

A010F006	Partida	M3	MORT. BAST.CAL 1/1/6 BL-II 42,5 R M3. Mortero bastardo con cemento BL-II 42,5 R blanco, cal apagada y arena de río de dosificación 1/1/6 confeccionado con hormigonera de 250 l.			
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	2,200	9,62	21,16
M1100009	Maquinaria	h.	Hormigonera 200 l. gasolina	1,000	1,37	1,37
P1100019	Material	t.	Cemento blanco BL-V 22,5 sacos	0,220	103,16	22,70
A01AF001	Partida	M3	CAL APAGADA EN PASTA AMASADA M3. Cal viva apagada en pasta, amasada manualmente según NTE-RPG.	0,000	69,61	0,00
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	3,000	9,62	28,86
P1100154	Material	Tm	Cal apagada	0,350	115,30	40,36
P1100023	Material	m3	Agua	0,700	0,55	0,39
			A01AF001		69,61	
P1100008	Material	m3	Arena de río 0/5 mm.	0,980	8,78	8,60
P1100023	Material	m3	Agua	0,170	0,55	0,09
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,654	6,00	3,92
			A010F006		57,84	
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,221	6,00	1,33
			EC003302		1,33	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

EC003304	Partida	ml	DESVÍO PROVISIONAL DE CANALIZACIÓN ELÉCTRICA			
			Desvío provisional de canalización eléctrica.			
O1100003	Mano de obra	h.	Oficial primera	0,100	10,03	1,00
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,100	9,62	0,96
U39GK010	Material	MI	Tubo PVC corrugado =90 mm	2,000	1,02	2,04
P1100009	Material	m3	Arena de miga cribada	0,108	7,96	0,86
M1100015	Maquinaria	h.	Retrocargadora neum. 50 CV	0,050	24,97	1,25
M1100026	Maquinaria	h.	Camión basculante 4x4 14 t.	0,024	34,18	0,82
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,069	6,00	0,41
			EC003304		7,34	
EC003305	Partida	ml	REPOSICIÓN CANALIZACIÓN ELÉCTRICA			
			Reposición de canalización eléctrica.			
O1100003	Mano de obra	h.	Oficial primera	0,100	10,03	1,00
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,100	9,62	0,96
U39GK010	Material	MI	Tubo PVC corrugado =90 mm	2,000	1,02	2,04
P1100009	Material	m3	Arena de miga cribada	0,108	7,96	0,86
M1100015	Maquinaria	h.	Retrocargadora neum. 50 CV	0,050	24,97	1,25
M1100026	Maquinaria	h.	Camión basculante 4x4 14 t.	0,024	34,18	0,82
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,069	6,00	0,41
			EC003305		7,34	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

EC003306	Partida	ml	REPOSICIÓN DE LOSA CESPED			
E0114004	Partida	ml	BORDILLO HORM.RECTO 10x20 CM. ML. Bordillo prefabricado de hormigón de 10x20 cm., sobre solera de hormigón HM-20 N/mm2. Tmáx. 40 de 10 cm. de espesor, incluso excavación necesaria, colocado.	0,000	4,31	0,00
U01AA010	Mano de obra	Hr	Peón especializado	0,160	10,25	1,64
E0101018	Partida	M3	MORTERO CEMENTO 1/6 M-40 M3. Mortero de cemento CEM II/A-P 32,5 R y arena de río de dosificación 1/6 M-40 confeccionado con hormigonera de 250 l.	0,000	48,48	0,00
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	2,160	9,62	20,78
P1100017	Material	t.	Cemento CEM II/A-P 32,5 R sacos	0,250	66,12	16,53
P1100008	Material	m3	Arena de río 0/5 mm.	1,100	8,78	9,66
P1100023	Material	m3	Agua	0,255	0,55	0,14
M1100009	Maquinaria	h.	Hormigonera 200 l. gasolina	1,000	1,37	1,37
			E0101018		48,48	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

U37CE001	Material	MI	Bordillo hormigón recto 10x20	1,000	2,38	2,38
E0102001	Partida	m3	HORMIGÓN EN MASA HM-15	0,000	72,56	0,00
			Hormigón en masa, tipo HM-15 de limpieza de 15 N/mm2, colocado.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,100	11,61	1,16
O1100004	Mano de obra	h.	Oficial segunda	0,200	10,47	2,09
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,200	9,62	1,92
M1100009	Maquinaria	h.	Hormigonera 200 l. gasolina	0,200	1,37	0,27
M1100044	Maquinaria	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm	0,200	1,34	0,27
P1100026	Material	m3	Hormigón HM-15 central	1,100	57,04	62,74
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,685	6,00	4,11
			E0102001		72,56	
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,048	6,00	0,29
			E0114004		4,31	
E0114005	Partida	m3	ZAHORRA ARTIFICIAL			
			M3. Zahorra artificial, incluso extensión y compactación en			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,050	11,61	0,58
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,500	9,62	4,81
P1100010	Material	M3	Zahorra artificial	1,150	9,51	10,94
M1200003	Maquinaria	H.	Equipo extend.base,sub-bases	0,010	36,68	0,37
M1100025	Maquinaria	h.	Camión basculante 4x2 10 t.	0,060	31,99	1,92
M1200004	Maquinaria	H.	Compactador neumát.autp. 60cv	0,020	12,54	0,25
			E0114005		20,00	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0101006	Partida	m3	CAMA DE ARENA Cama de arena para lecho de asiento de tuberías, incluso aportación, extendido y nivelación.			
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,687	9,62	6,61
M1100038	Maquinaria	h.	Rodillo v.manual tándem 800 kg.	0,050	2,80	0,14
P1100008	Material	m3	Arena de río 0/5 mm.	1,000	8,78	8,78
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,155	6,00	0,93
			E0101006		16,46	
E0114006	Partida	m3	EXTENDIDO TIERRA VEGETAL M3. Extendido de tierra vegetal.			
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,009	9,62	0,09
M1100025	Maquinaria	h.	Camión basculante 4x2 10 t.	0,010	31,99	0,32
M1100014	Maquinaria	h.	Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3	0,010	31,28	0,31
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,007	6,00	0,04
			E0114006		0,76	
EC003307	Partida	m2	COLOCACIÓN LOSA CESPED			
O1100003	Mano de obra	h.	Oficial primera	0,200	10,03	2,01
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,200	9,62	1,92
P1100038	Material	m3	Mortero cemento 1/6 M-40 Mortero de cemento CEM II/A-P 32,5 R y arena de río de dosificación 1/6 (M-40), confeccionado con hormigonera de 250 l., s/RC-97.	0,025	44,50	1,11
P1100155	Material	m2	Losa césped	1,000	1,18	1,18
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,062	6,00	0,37
			EC003307		6,59	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

EC003310	Partida	ml	REPOSICIÓN DE CARRIL-BICI Ml de carril bici de 2,5 m de ancho, con cama de arena, capa de zahorra artificial, pavimento Slurry color y tratamiento superficial, totalmente colocado.			
E0101006	Partida	m3	CAMA DE ARENA Cama de arena para lecho de asiento de tuberías, incluso aportación, extendido y nivelación.			
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,687	9,62	6,61
M1100038	Maquinaria	h.	Rodillo v.manual tándem 800 kg.	0,050	2,80	0,14
P1100008	Material	m3	Arena de río 0/5 mm.	1,000	8,78	8,78
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,155	6,00	0,93
			E0101006		16,46	
E0114005	Partida	m3	ZAHORRA ARTIFICIAL M3. Zahorra artificial, incluso extensión y compactación en			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,050	11,61	0,58
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,500	9,62	4,81
P1100010	Material	M3	Zahorra artificial	1,150	9,51	10,94
M1200003	Maquinaria	H.	Equipo extend.base,sub-bases	0,010	36,68	0,37
M1100025	Maquinaria	h.	Camión basculante 4x2 10 t.	0,060	31,99	1,92
M1200004	Maquinaria	H.	Compactador neumát.autp. 60cv	0,020	12,54	0,25
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,189	6,00	1,13
			E0114005		20,00	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

D37AJ160	Partida	M2	PAVIMENTO SLURRY COLOR M2. Pavimento a base de mezcla homogénea de áridos y cargas minerales SLURRY de PROAS con ligante a base de resinas sintéticas (color), consistencia pastosa, aplicada con rastra en frío sobre superficies (sin incluir) asfálticas o hormigón, previa imprimación con hormigón) y limpieza.			
O1100003	Mano de obra	h.	Oficial primera	0,050	10,03	0,50
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,050	9,62	0,48
P1100159	Material	Kg	Emulsión asfáltica PROMULSIT	0,100	0,80	0,08
P1100160	Material	Kg	Slurry color PROAS	4,000	1,01	4,04
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,051	6,00	0,31
			D37AJ160			5,41
EC003311	Partida	M2	DOBLE TRATAM. SUPERFIC. 20L/M2 ECR-2 M2. Doble tratamiento superficial, con 20 l/m2 áridos: A6/12 y A3/6, con una dotación de emulsión incluso materiales y ejecución.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,002	11,61	0,02
O1100003	Mano de obra	h.	Oficial primera	0,008	10,03	0,08
O1100006	Mano de obra	h.	Peón especializado	0,005	9,75	0,05
M1200005	Maquinaria	H.	Camión gravillador	0,003	36,38	0,11
M1200004	Maquinaria	H.	Compactador neumát.autp. 60cv	0,003	12,54	0,04
M1200006	Maquinaria	H.	Cuba de riego de ligantes	0,002	27,14	0,05
P1100156	Material	Tm	Árido 6/12 en obra	0,019	8,23	0,16
P1100157	Material	Tm	Árido 3/6/ en obra	0,010	10,28	0,10
P1100158	Material	Tm	Ligante emulsión ECR-2	0,003	163,6 7	0,49
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,011	6,00	0,07
			EC003311			1,17



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0109006	Partida	ml	TUBERIA HORM.CENTRIF.D=100 cm ML. Tubería de hormigón centrifugado BORONDO de D=100 cm., sobre solera de hormigón HM-20 N/mm2., tamaño máximo del árido 40 mm. de 10 cm. de espesor y cajeros de hormigón hasta media caña.			
U01AA502	Mano de obra	Hr	Cuadrilla B	0,600	26,62	15,97
U37SA009	Material	MI	Tubería horm.centrif.D=100 cm	1,000	42,32	42,32
A02AA510	Partida	M3	HORMIGÓN H-200/40 elab. obra M3. Hormigón en masa de resistencia H-200 según EH-91, con cemento CEM II/A-P 32,5 R, arena de río y árido rodado tamaño máximo 40 mm. confeccionado con hormigonera de 250 l., para vibrar y consistencia plástica.			
U01AA011	Mano de obra	Hr	Peón ordinario	1,780	10,14	18,05
U04CA001	Material	Tm	Cemento CEM II/A-P 32,5 R Granel	0,365	67,50	24,64
U04AA101	Material	Tm	Arena de río (0-5mm)	0,660	9,60	6,34
U04AF150	Material	Tm	Garbancillo 20/40 mm.	1,320	10,62	14,02
U04PY001	Material	M3	Agua	0,160	0,50	0,08
A03LA005	Partida	Hr	HORMIGONERA ELECTRICA 250 L. H. Hormigonera eléctrica de 250 Lts con un motor eléctrico de 3CV, con bastidor y cabina de acero, pala mezcladoras, adecuadas para asegurar una mezcla rápida y homogénea, mecanismos protegidos herméticamente, con un peso en vacío de 290Kg y un rendimiento aproximado de 3,4m3.			
U02LA201	Maquinaria	Hr	Hormigonera 250 l.	1,000	1,12	1,12
U%10	Maquinaria	%	Amortización y otros gastos	0,011	10,00	0,11
U02SW005	Otros	Ud	Kilowatio	3,500	0,07	0,25
			A03LA005		1,48	
			A02AA510		63,13	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

A01JF006	Partida	M3	MORTERO CEMENTO 1/6 M-40 M3. Mortero de cemento CEM II/A-P 32,5 R y arena de río de dosificación 1/6 M-40 confeccionado con hormigonera de 250 l.			
U01AA011	Mano de obra	Hr	Peón ordinario	2,160	10,14	21,90
U04CA001	Material	Tm	Cemento CEM II/A-P 32,5 R Granel	0,250	67,50	16,88
U04AA001	Material	M3	Arena de río (0-5mm)	1,100	15,37	16,91
U04PY001	Material	M3	Agua	0,255	0,50	0,13
A03LA005	Partida	Hr	HORMIGONERA ELECTRICA 250 L. H. Hormigonera eléctrica de 250 Lts con un motor eléctrico de 3CV, con bastidor y cabina de acero, pala mezcladoras, adecuadas para asegurar una mezcla rápida y homogénea, mecanismos protegidos herméticamente, con un peso en vacío de 290Kg y un rendimiento aproximado de 3,4m3.			
U02LA201	Maquinaria	Hr	Hormigonera 250 l.	1,000	1,12	1,12
U%10	Maquinaria	%	Amortización y otros gastos	0,011	10,00	0,11
U02SW005	Otros	Ud	Kilowatio	3,500	0,07	0,25
			A03LA005		1,48	
			A01JF006		55,82	
U37OE001	Maquinaria	Hr	Grúa automóvil	0,089	18,32	1,63
%0200001	Otros	%	Costes indirectos...(s/total)	0,914	3,00	2,74
			E0109006		62,66	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0109010	Partida	m3	RECOLOCACIÓN DE ESCOLLERA Transporte desde el lugar de acopio y recolocación de escollera hormigonada, totalmente instalada.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,020	11,61	0,23
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,085	9,62	0,82
M1100011	Maquinaria	h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV	0,060	85,05	5,10
M1100027	Maquinaria	h.	Camión basculante 6x4 20 t.	0,040	41,15	1,65
M1200002	Maquinaria	m3	km transporte escollera	50,000	0,07	3,50
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,113	6,00	0,68
			E0109010	11,98		
E0101023	Partida	m3	ESCOLLERA Escollera de 1.000 kg. colocada en protección de cauces, tamaño mínimo 800 mm, incluido suministro y preparación de la superficie de apoyo, perfectamente rasanteada, encajada y terminada.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,020	11,61	0,23
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,085	9,62	0,82
M1100011	Maquinaria	h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV	0,060	85,05	5,10
M1100027	Maquinaria	h.	Camión basculante 6x4 20 t.	0,040	41,15	1,65
M1200002	Maquinaria	m3	km transporte escollera	50,000	0,07	3,50
P1100153	Material	m3	Escollera 1000 kg	1,000	6,03	6,03
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,173	6,00	1,04
			E0101023	18,37		



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

C01.02	Capítulo	SISTEMA DE PANTALLAS				
E0113007	Partida	ml	MUROS GUÍA DE 0,5x0,6 m Muro guía para ejecución de muro pantalla.			
O1100003	Mano de obra	h.	Oficial primera	0,250	10,03	2,51
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,500	9,62	4,81
P1100026	Material	m3	Hormigón HM-15 central	0,240	57,04	13,69
P1100025	Material	m3	Madera pino encofrar 25 mm.	0,018	156,1 1	2,81
P1100045	Material	kg	Puntas 20x100	0,080	0,65	0,05
P1100065	Material	kg	Alambre atar 1,30 mm.	0,168	0,78	0,13
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,240	6,00	1,44
			E0113007		25,44	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0102010	Partida	m3	HORMIGÓN HA-25 EN ELEM. VERTICALES Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos verticales (alzados y muros), vibrado y colocado.			
O1100010	Mano de obra	h.	Oficial 1ª encofrador	0,200	11,47	2,29
O1100011	Mano de obra	h.	Ayudante encofrador	0,010	10,75	0,11
O1100012	Mano de obra	h.	Oficial 1ª gruista	0,010	11,19	0,11
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,010	9,62	0,10
M1100003	Maquinaria	h.	Grúa telescópica autoprop.	0,001	48,97	0,05
M1100001	Maquinaria	h.	Autob.hormig.h.40 m3, pluma<=32m.	0,003	136,57	0,41
M1100044	Maquinaria	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm	0,400	1,34	0,54
P1100029	Material	m3	Horm. HA-25/P/40	1,000	71,11	71,11
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,747	6,00	4,48
			E0102010		79,20	
E0104001	Partida	Kg	ACERO BARRAS CORRUG. B 500 S Acero en barras corrugadas tipo B 500 S de 500 N/mm2 de límite elástico para armaduras, elaborado y colocado.			
10.26	Mano de obra	h.	Oficial 1ª ferralla	0,010	11,47	0,11
O1100014	Mano de obra	h.	Ayudante ferralla	0,010	10,75	0,11
P1100067	Material	kg	Acero corrugado B 500 S	1,070	0,31	0,33
P1100065	Material	kg	Alambre atar 1,30 mm.	0,005	0,78	0,00
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,006	6,00	0,04
			E0104001		0,59	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0113008	Partida	m3	EXCAVACIÓN PANTALLAS Y LODOS BENTONÍTICOS Excavación de pantallas y lodos bentoníticos, incluso preparación y transporte de sus respectivos equipos.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,100	11,61	1,16
O1100003	Mano de obra	h.	Oficial primera	0,300	10,03	3,01
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,400	9,62	3,85
M1200007	Maquinaria	h.	Excavadora con cuchara bivalva.	0,400	60,26	24,10
M1100027	Maquinaria	h.	Camión basculante 6x4 20 t.	0,300	41,15	12,35
M1200008	Maquinaria	h.	Generador 60 Kva.	0,400	11,41	4,56
M1200009	Maquinaria	h.	Bomba sumergible 12 Kw	0,600	6,03	3,62
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,527	6,00	3,16
			E0113008		55,81	
E0101003	Partida	m3	CARGA Y TRANSPORTE A VERTEDERO Carga sobre camión volquete de 10 Tm con pala cargadora de 1,2 m3, de tierras excavación y transporte a vertedero o lugar de empleo.			
M1100014	Maquinaria	h.	Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3	0,010	31,28	0,31
M1100025	Maquinaria	h.	Camión basculante 4x2 10 t.	0,025	31,99	0,80
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,011	6,00	0,07
			E0101003		1,18	
E0104009	Partida	ud	ARRIOSTRAMIENTO MURO PANTALLA Arriostramiento de muro pantalla mediante dos estructuras de cuadermas metálicas, incluso posterior retirada de estructura.	1.354,		



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

C01.03	Capítulo	ESCALA DE PECES				
E0101000	Partida	m3	TERRAPLEN CON MATERIALES PROCEDENTE DE LA EXCAVACION Terraplén con productos procedentes de la excavación, para la construcción del núcleo y cimientos, incluso transporte, extensión, humectación y compactación.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,010	11,61	0,12
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,005	9,62	0,05
M1100036	Maquinaria	h.	Motoniveladora de 200 CV	0,010	44,44	0,44
M1100014	Maquinaria	h.	Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3	0,002	31,28	0,06
M1100026	Maquinaria	h.	Camión basculante 4x4 14 t.	0,005	34,18	0,17
M1100033	Maquinaria	h.	Cisterna agua s/camión 10.000 l.	0,001	21,95	0,02
M1100039	Maquinaria	h.	Rodillo vibr.autopr.mixto 7t.	0,008	24,69	0,20
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,011	6,00	0,07
			E0101000		1,13	
E0101008	Partida	m3	DEMOLICIÓN OBRA HORMIGÓN EN MASA Demolición de obra de hormigón armado o en masa, incluso retirada, carga y transporte de escombros a vertedero.			
O1100006	Mano de obra	h.	Peón especializado	0,400	9,75	3,90
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,400	9,62	3,85
M1100017	Maquinaria	h.	Compre.port.diesel m.p. 5 m3/min	0,700	5,45	3,82
M1100019	Maquinaria	h.	Martillo man.perfor.neum. 20 kg.	0,700	0,40	0,28
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,119	6,00	0,71
			E0101008		12,56	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0101023	Partida	m3	ESCOLLERA Escollera de 1.000 kg. colocada en protección de cauces, tamaño mínimo 800 mm, incluido suministro y preparación de la superficie de apoyo, perfectamente rasanteada, encajada y terminada.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,020	11,61	0,23
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,085	9,62	0,82
M1100011	Maquinaria	h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV	0,060	85,05	5,10
M1100027	Maquinaria	h.	Camión basculante 6x4 20 t.	0,040	41,15	1,65
M1200002	Maquinaria	m3	km transporte escollera	50,000	0,07	3,50
P1100153	Material	m3	Escollera 1000 kg	1,000	6,03	6,03
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,173	6,00	1,04
			E0101023		18,37	
E0102001	Partida	m3	HORMIGÓN EN MASA HM-15 Hormigón en masa, tipo HM-15 de limpieza de R.C. 15 N/mm2, colocado.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,100	11,61	1,16
O1100004	Mano de obra	h.	Oficial segunda	0,200	10,47	2,09
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,200	9,62	1,92
M1100009	Maquinaria	h.	Hormigonera 200 l. gasolina	0,200	1,37	0,27
M1100044	Maquinaria	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm	0,200	1,34	0,27
P1100026	Material	m3	Hormigón HM-15 central	1,100	57,04	62,74
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,685	6,00	4,11
			E0102001		72,56	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0102003	Partida	m3	HORMIGÓN HA-25 EN CIMENTACIONES Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm ² , en soleras y cimentaciones, vibrado y colocado.			
O1100003	Mano de obra	h.	Oficial primera	0,150	10,03	1,50
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,150	9,62	1,44
M1100044	Maquinaria	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm	0,242	1,34	0,32
P1100030	Material	m3	Horm. HA-25/P/40 central	1,000	69,38	69,38
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,726	6,00	4,36
			E0102003		77,00	
E0103001	Partida	m2	ENCOFRADO PLANO EN CIMENTACIONES Encofrado plano en soleras y cimentaciones, con desencofrado.			
O1100010	Mano de obra	h.	Oficial 1ª encofrador	0,200	11,47	2,29
O1100011	Mano de obra	h.	Ayudante encofrador	0,200	10,75	2,15
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,200	9,62	1,92
P1100025	Material	m3	Madera pino encofrar 25 mm.	0,025	156,1 1	3,90
P1100065	Material	kg	Alambre atar 1,30 mm.	0,100	0,78	0,08
P1100045	Material	kg	Puntas 20x100	0,050	0,65	0,03
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,104	6,00	0,62
			E0103001		10,99	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0103003	Partida	m2	ENCOFRADO PLANO EN PAR. VERTICALES Encofrado plano en paramentos verticales, con desencofrado.			
O1100010	Mano de obra	h.	Oficial 1ª encofrador	0,200	11,47	2,29
O1100011	Mano de obra	h.	Ayudante encofrador	0,200	10,75	2,15
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,200	9,62	1,92
M1100051	Maquinaria	m2	Encof.panel metal.5/10 m2. 50 p.	1,000	2,36	2,36
M1100003	Maquinaria	h.	Grúa telescópica autoprop.	0,100	48,97	4,90
P1100022	Material	l.	Desenc.Bettodesmold H enc.metál.	0,083	1,59	0,13
P1100045	Material	kg	Puntas 20x100	0,020	0,65	0,01
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,138	6,00	0,83
			E0103003		14,59	
E0104001	Partida	Kg	ACERO BARRAS CORRUG. B 500 S Acero en barras corrugadas tipo B 500 S de 500 N/mm2 de límite elástico para armaduras, elaborado y colocado.			
10.26	Mano de obra	h.	Oficial 1ª ferralla	0,010	11,47	0,11
O1100014	Mano de obra	h.	Ayudante ferralla	0,010	10,75	0,11
P1100067	Material	kg	Acero corrugado B 500 S	1,070	0,31	0,33
P1100065	Material	kg	Alambre atar 1,30 mm.	0,005	0,78	0,00
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,006	6,00	0,04
			E0104001		0,59	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E600007	Partida	kg	ACERO A-42b EN ESTRUCT.SOLDAD Acero laminado A-42b, en perfiles laminados en caliente para vigas, pilares, zunchos y correas, mediante uniones soldadas; i/p.p. de soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y dos manos de imprimación con pintura de minio de plomo, montado y colocado, según NTE-EAS/EAV y normas NBE-MV.			
O1100020	Mano de obra	h.	Oficial 1ª cerrajero	0,010	11,19	0,11
O1100021	Mano de obra	h.	Ayudante cerrajero	0,020	10,49	0,21
P1100069	Material	kg	Acero laminado A-42b	1,050	0,48	0,50
P4321147	Material	l.	Minio electrolítico	0,010	7,21	0,07
P1100024	Material	ud	Pequeño material	0,100	0,55	0,06
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,010	6,00	0,06
			E600007		1,01	
E6000208	Partida	m2	ENTR.TRAMEX 30x30/30x3 GALV. Entramado metálico formado por rejilla de pletina de acero galvanizado, tipo TRAMEX de 30 x 3 mm., formando cuadrícula de 30 x 30 mm. y bastidor con uniones electrosoldadas, i/soldadura, anclajes, piezas especiales y ajuste a otros elementos, totalmente terminado y colocado.			
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,600	9,62	5,77
P4321161	Material	m2	Entr. TrameX 30x30 / 30x2 galvanizado.	1,100	48,11	52,92
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,587	6,00	3,52
			E6000208		62,21	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

EC003301	Partida	m2	GEOTEXTIL DE 200 g./m2			
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,010	9,62	0,10
PC00101	Material	m2	Geotextil de 200 gr./m2	1,000	1,45	1,45
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,016	6,00	0,10
			EC003301		1,65	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

C01.04		Capítulo		INFRAESTRUCTURA DE LA MINICENTRAL		
E0101008	Partida	m3	DEMOLICIÓN OBRA HORMIGÓN EN MASA Demolición de obra de hormigón armado o en masa, incluso retirada, carga y transporte de escombros a vertedero.			
O1100006	Mano de obra	h.	Peón especializado	0,400	9,75	3,90
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,400	9,62	3,85
M1100017	Maquinaria	h.	Compre.port.diesel m.p. 5 m3/min	0,700	5,45	3,82
M1100019	Maquinaria	h.	Martillo man.perfor.neum. 20 kg.	0,700	0,40	0,28
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,119	6,00	0,71
			E0101008		12,56	
E0102001	Partida	m3	HORMIGÓN EN MASA HM-15 Hormigón en masa, tipo HM-15 de limpieza de R.C. 15 N/mm2, colocado.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,100	11,61	1,16
O1100004	Mano de obra	h.	Oficial segunda	0,200	10,47	2,09
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,200	9,62	1,92
M1100009	Maquinaria	h.	Hormigonera 200 l. gasolina	0,200	1,37	0,27
M1100044	Maquinaria	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm	0,200	1,34	0,27
P1100026	Material	m3	Hormigón HM-15 central	1,100	57,04	62,74
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,685	6,00	4,11
			E0102001		72,56	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0102003	Partida	m3	HORMIGÓN HA-25 EN CIMENTACIONES Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2, en soleras y cimentaciones, vibrado y colocado.			
O1100003	Mano de obra	h.	Oficial primera	0,150	10,03	1,50
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,150	9,62	1,44
M1100044	Maquinaria	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm	0,242	1,34	0,32
P1100030	Material	m3	Horm. HA-25/P/40 central	1,000	69,38	69,38
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,726	6,00	4,36
			E0102003		77,00	
E0102004	Partida	m3	HORMIGÓN HA-25 EN ELEM. HORIZONTALES Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos horizontales (losas), vibrado colocado.			
O1100010	Mano de obra	h.	Oficial 1ª encofrador	0,150	11,47	1,72
O1100011	Mano de obra	h.	Ayudante encofrador	0,150	10,75	1,61
O1100012	Mano de obra	h.	Oficial 1ª gruista	0,150	11,19	1,68
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,300	9,62	2,89
M1100003	Maquinaria	h.	Grúa telescópica autoprop.	0,050	48,97	2,45
M1100044	Maquinaria	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm	0,460	1,34	0,62
P1100030	Material	m3	Horm. HA-25/P/40 central	1,000	69,38	69,38
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,804	6,00	4,82
			E0102004		85,17	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0102005	Partida	m3	HORMIGÓN BLANCO EN MUROS Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos verticales (alzados y muros), vibrado y colocado.			
O1100010	Mano de obra	h.	Oficial 1ª encofrador	0,400	11,47	4,59
O1100011	Mano de obra	h.	Ayudante encofrador	0,200	10,75	2,15
O1100012	Mano de obra	h.	Oficial 1ª gruista	0,200	11,19	2,24
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,200	9,62	1,92
M1100003	Maquinaria	h.	Grúa telescópica autoprop.	0,200	48,97	9,79
M1100001	Maquinaria	h.	Autob.hormig.h.40 m3, pluma<=32m.	0,050	136,57	6,83
M1100044	Maquinaria	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm	0,300	1,34	0,40
P1100029	Material	m3	Horm. HA-25/P/40	1,100	71,11	78,22
%6	Otros	%	Costes indirectos	1,061	6,00	6,37
			E0102005		112,51	
E0102006	Partida	m3	HORMIGÓN HA-25 EN ELEM. INCLINADOS Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos inclinados, vibrado y colocado.			
O1100010	Mano de obra	h.	Oficial 1ª encofrador	0,050	11,47	0,57
O1100011	Mano de obra	h.	Ayudante encofrador	0,050	10,75	0,54
O1100012	Mano de obra	h.	Oficial 1ª gruista	0,040	11,19	0,45
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,080	9,62	0,77
M1100003	Maquinaria	h.	Grúa telescópica autoprop.	0,050	48,97	2,45
M1100001	Maquinaria	h.	Autob.hormig.h.40 m3, pluma<=32m.	0,050	136,57	6,83
M1100044	Maquinaria	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm	0,585	1,34	0,78



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

P1100029	Material	m3	Horm. HA-25/P/40	1,000	71,11	71,11
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,835	6,00	5,01
					E0102006	88,51
E0103006	Partida	m3	CIMBRADO DE LOSAS, FORJADOS Cimbrado de losas, forjados y cúpulas, con altura superior a 5 m., incluso apeos.			
O1100003	Mano de obra	h.	Oficial primera	0,020	10,03	0,20
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,040	9,62	0,38
M1100047	Maquinaria	m3	Andamio metálico en cimbras	1,000	9,13	9,13
M1100005	Maquinaria	h.	Grúa telescópica autoprop. 25 t.	0,010	65,30	0,65
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,104	6,00	0,62
					E0103006	10,98
E0102010	Partida	m3	HORMIGÓN HA-25 EN ELEM. VERTICALES Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos verticales (alzados y muros), vibrado y colocado.			
O1100010	Mano de obra	h.	Oficial 1ª encofrador	0,200	11,47	2,29
O1100011	Mano de obra	h.	Ayudante encofrador	0,010	10,75	0,11
O1100012	Mano de obra	h.	Oficial 1ª gruista	0,010	11,19	0,11
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,010	9,62	0,10
M1100003	Maquinaria	h.	Grúa telescópica autoprop.	0,001	48,97	0,05
M1100001	Maquinaria	h.	Autob.hormig.h.40 m3, pluma<=32m.	0,003	136,5	0,41
M1100044	Maquinaria	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm	0,400	1,34	0,54
P1100029	Material	m3	Horm. HA-25/P/40	1,000	71,11	71,11
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,747	6,00	4,48
					E0102010	79,20



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0103002	Partida	m2	ENCOFRADO PLANO EN PAR. HORIZONTALES Encofrado plano en paramentos horizontales, con desencofrado.			
O1100010	Mano de obra	h.	Oficial 1ª encofrador	0,200	11,47	2,29
O1100011	Mano de obra	h.	Ayudante encofrador	0,200	10,75	2,15
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,200	9,62	1,92
M1100052	Maquinaria	m2	Tablero encofrar 22 mm. 4 p.	1,000	1,81	1,81
M1100049	Maquinaria	ud	Puntal telescópico 3m., 1,5 t.	0,010	12,08	0,12
M1100003	Maquinaria	h.	Grúa telescópica autoprop.	0,030	48,97	1,47
P1100025	Material	m3	Madera pino encofrar 25 mm.	0,010	156,11	1,56
P1100045	Material	kg	Puntas 20x100	0,080	0,65	0,05
P1100065	Material	kg	Alambre atar 1,30 mm.	0,168	0,78	0,13
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,115	6,00	0,69
			E0103002		12,19	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0103003	Partida	m2	ENCOFRADO PLANO EN PAR. VERTICALES Encofrado plano en paramentos verticales, con desencofrado.			
O1100010	Mano de obra	h.	Oficial 1ª encofrador	0,200	11,47	2,29
O1100011	Mano de obra	h.	Ayudante encofrador	0,200	10,75	2,15
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,200	9,62	1,92
M1100051	Maquinaria	m2	Encof.panel metal.5/10 m2. 50 p.	1,000	2,36	2,36
M1100003	Maquinaria	h.	Grúa telescópica autoprop.	0,100	48,97	4,90
P1100022	Material	l.	Desenc.Bettodesmold H enc.metál.	0,083	1,59	0,13
P1100045	Material	kg	Puntas 20x100	0,020	0,65	0,01
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,138	6,00	0,83
			E0103003		14,59	
E0103004	Partida	m2	ENCOFRADO PLANO EN PAR. INCLINADOS Encofrado plano en paramentos inclinados, con desencofrado.			
O1100010	Mano de obra	h.	Oficial 1ª encofrador	0,400	11,47	4,59
O1100011	Mano de obra	h.	Ayudante encofrador	0,400	10,75	4,30
M1100051	Maquinaria	m2	Encof.panel metal.5/10 m2. 50 p.	1,000	2,36	2,36
M1100003	Maquinaria	h.	Grúa telescópica autoprop.	0,150	48,97	7,35
P1100022	Material	l.	Desenc.Bettodesmold H enc.metál.	0,088	1,59	0,14
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,187	6,00	1,12
			E0103004		19,86	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0104001	Partida	Kg	ACERO BARRAS CORRUG. B 500 S Acero en barras corrugadas tipo B 500 S de 500 N/mm2 de límite elástico para armaduras, elaborado y colocado.			
10.26	Mano de obra	h.	Oficial 1ª ferralla	0,010	11,47	0,11
O1100014	Mano de obra	h.	Ayudante ferralla	0,010	10,75	0,11
P1100067	Material	kg	Acero corrugado B 500 S	1,070	0,31	0,33
P1100065	Material	kg	Alambre atar 1,30 mm.	0,005	0,78	0,00
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,006	6,00	0,04
			E0104001		0,59	
E0104004	Partida	ml	ESCALERA METÁLICA Escalera metálica, formada por perfiles galvanizados y huellas de pletinas entrecruzadas, electrosoldadas, colocada.			
O1100020	Mano de obra	h.	Oficial 1ª cerrajero	0,160	11,19	1,79
O1100021	Mano de obra	h.	Ayudante cerrajero	0,160	10,49	1,68
P1100121	Material	ud	Pelda.chapa a.galv.perf. a=30 cm	1,000	17,60	17,60
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,211	6,00	1,27
			E0104004		22,34	
E0104005	Partida	ml	BARANDILLA ACERO INOXIDABLE Barandilla de acero inoxidable, de 90 cm. de altura y diámetro superior a 3 cm., colocada.			
O1100020	Mano de obra	h.	Oficial 1ª cerrajero	1,165	11,19	13,04
O1100021	Mano de obra	h.	Ayudante cerrajero	1,262	10,49	13,24
P1100117	Material	ml	Barandilla esc. acero inoxidable	1,000	113,80	113,80
%6	Otros	%	Costes indirectos	1,401	6,00	8,41
			E0104005		148,49	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0111002	Partida	ml	BANDA ELÁSTICA BULBO TUBULAR Banda elástica con bulbo tubular de 22 cm. de ancho, para juntas, colocada.			
O1100003	Mano de obra	h.	Oficial primera	0,099	10,03	0,99
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,099	9,62	0,95
P1100046	Material	ml	Banda elástica con bulbo tubular	1,002	6,58	6,59
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,085	6,00	0,51
			E0111002		9,04	
E0102008	Partida	m3	RELLENO DE GRAVA EN MINICENTRAL			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,020	11,61	0,23
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,040	9,62	0,38
P1100161	Material	M3	Grava 40/80 mm.	1,000	14,27	14,27
M1100015	Maquinaria	h.	Retrocargadora neum. 50 CV	0,020	24,97	0,50
M1200010	Maquinaria	H.	Compactador manual	0,040	6,03	0,24
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,156	6,00	0,94
			E0102008		16,56	
E0109003	Partida	m2	CARP. METALICA PUERTAS Carpintería metálica en puertas correderas o abatibles de doble chapa de acero galvanizado, con aislamiento interior de poliuretano, incluso junta de neopreno de marco y cerco, tira de vinilo en zona inferior, cerradura de seguridad, picaporte con frente de latón y pernios latonados.			
O1100020	Mano de obra	h.	Oficial 1ª cerrajero	0,201	11,19	2,25
O1100021	Mano de obra	h.	Ayudante cerrajero	0,200	10,49	2,10
P1100118	Material	M2	Pu.paso chapa doble lisa	1,000	97,00	97,00
%6	Otros	%	Costes indirectos	1,014	6,00	6,08



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

			E0109003	107,4		
E6000208	Partida	m2	ENTR.TRAMEX 30x30/30x3 GALV. Entramado metálico formado por rejilla de pletina de acero galvanizado, tipo TRAMEX de 30 x 3 mm., formando cuadrícula de 30 x 30 mm. y bastidor con uniones electrosoldadas, i/soldadura, anclajes, piezas especiales y ajuste a otros elementos, totalmente terminado y colocado.			
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,600	9,62	5,77
P4321161	Material	m2	Entr. TrameX 30x30 / 30x2 galvanizado.	1,100	48,11	52,92
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,587	6,00	3,52
			E6000208	62,21		
E6000007	Partida	kg	ACERO A-42b EN ESTRUCT.SOLDAD Acero laminado A-42b, en perfiles laminados en caliente para vigas, pilares, zunchos y correas, mediante uniones soldadas; i/p.p. de soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y dos manos de imprimación con pintura de minio de plomo, montado y colocado, según NTE-EAS/EAV y NBE-MV.			
O1100020	Mano de obra	h.	Oficial 1ª cerrajero	0,010	11,19	0,11
O1100021	Mano de obra	h.	Ayudante cerrajero	0,020	10,49	0,21
P1100069	Material	kg	Acero laminado A-42b	1,050	0,48	0,50
P4321147	Material	l.	Minio electrolítico	0,010	7,21	0,07
P1100024	Material	ud	Pequeño material	0,100	0,55	0,06
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,010	6,00	0,06
			E6000007	1,01		
E01	Partida	m3	EXCAVACION CON FORMACION DE ACOPIO	0,00	2,23	0,00
E02	Partida	m3	EXCAVACION CON RETIRO A VERTEDERO	0,00	2,23	0,00
E03	Partida	m3	EXCAVACION EN RELLENOS Y TRASDOS DE MUROS	0,00	2,67	0,00



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

C01.05		Capítulo		CONDUCCIONES Y VARIOS		
EC003308	Partida	m3	DESMONTAJE DE ESCOLLERA Desmontaje de escollera hormigonada, incluso acopio de material.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,015	11,61	0,17
M1100011	Maquinaria	h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV	0,015	85,05	1,28
M1100019	Maquinaria	h.	Martillo man.perfor.neum. 20 kg.	0,100	0,40	0,04
M1100027	Maquinaria	h.	Camión basculante 6x4 20 t.	0,160	41,15	6,58
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,081	6,00	0,49
				EC003308		8,56
E1101001	Partida	m3	EXCAVACIÓN DESMONTE Excavación a cielo abierto con transporte de material a vertedero o lugar de empleo e incluso agotamiento.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,009	11,61	0,10
M1100011	Maquinaria	h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV	0,009	85,05	0,77
M1100027	Maquinaria	h.	Camión basculante 6x4 20 t.	0,030	41,15	1,23
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,021	6,00	0,13
				E1101001		2,23
E0114008	Partida	m2	TABLESTACADO Tablestacado para sostenimiento de tierras en excavación, parte proporcional de anclajes y arriostramiento, totalmente ejecutado.	370,40	52,79	19.553,42
E0101002	Partida	m3	EXCAVACIÓN EN ZANJAS Excavación en tierras, en zanjas y pozos, incluso entibación y agotamiento.			
O1100003	Mano de obra	h.	Oficial primera	0,040	10,03	0,40
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,040	9,62	0,38
M1100016	Maquinaria	h.	Retrocargadora neum. 75 CV	0,040	30,73	1,23



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

M1100026	Maquinaria	h.	Camión basculante 4x4 14 t.	0,030	34,18	1,03
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,030	6,00	0,18
E0101002					3,22	
E0114007	Partida	ml.	MARCO PREFABRICADO Marco de hormigón prefabricado de internas 2,50 x 3,00, incluso colocación sobre cama Totalmente terminado.	25,50	1.095,5 6	27.936,78
E0101012	Partida	m3	RELLENO MATERIAL FILTRANTE Relleno de material filtrante en zanjas drenantes.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,012	11,61	0,14
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,076	9,62	0,73
M1100028	Maquinaria	t.	km transporte áridos	44,000	0,06	2,64
M1100038	Maquinaria	h.	Rodillo v.manual tándem 800 kg.	0,040	2,80	0,11
M1100039	Maquinaria	h.	Rodillo vibr.autopr.mixto 7 t.	0,010	24,69	0,25
M1100015	Maquinaria	h.	Retrocargadora neum. 50 CV	0,010	24,97	0,25
P1100012	Material	t.	Árido machaqueo 25/40 D.A.<30	1,700	5,10	8,67
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,128	6,00	0,77
E0101012					13,56	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0101005	Partida	m3	RELLENO EN ZANJAS Y POZOS Relleno y compactación en zanjas y pozos con material procedente de la excavación.			
O1100001	Mano de obra	h.	Encargado	0,030	12,12	0,36
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,030	11,61	0,35
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,040	9,62	0,38
M1100015	Maquinaria	h.	Retrocargadora neum. 50 CV	0,030	24,97	0,75
M1100025	Maquinaria	h.	Camión basculante 4x2 10 t.	0,020	31,99	0,64
M1100037	Maquinaria	h.	Bandeja vibrante de 300 kg.	0,020	1,81	0,04
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,025	6,00	0,15
			E0101005		2,67	
E0101000	Partida	m3	TERRAPLEN CON MATERIALES PROCEDENTE DE LA EXCAVACION Terraplén con productos procedentes de la excavación, para la construcción del cimientos, incluso transporte, extensión, humectación y compactación.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,010	11,61	0,12
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,005	9,62	0,05
M1100036	Maquinaria	h.	Motoniveladora de 200 CV	0,010	44,44	0,44
M1100014	Maquinaria	h.	Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3	0,002	31,28	0,06
M1100026	Maquinaria	h.	Camión basculante 4x4 14 t.	0,005	34,18	0,17
M1100033	Maquinaria	h.	Cisterna agua s/camión 10.000 l.	0,001	21,95	0,02
M1100039	Maquinaria	h.	Rodillo vibr.autopr.mixto 7 t.	0,008	24,69	0,20
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,011	6,00	0,07
			E0101000		1,13	
E0109010	Partida	m3	RECOLOCACIÓN DE ESCOLLERA			



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

			Transporte desde el lugar de acopio y recolocación de escollera hormigonada, totalmente instalada.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,020	11,61	0,23
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,085	9,62	0,82
M1100011	Maquinaria	h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV	0,060	85,05	5,10
M1100027	Maquinaria	h.	Camión basculante 6x4 20 t.	0,040	41,15	1,65
M1200002	Maquinaria	m3	km transporte escollera	50,000	0,07	3,50
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,113	6,00	0,68
			E0109010		11,98	
E0102010	Partida	m3	HORMIGÓN HA-25 EN ELEM. VERTICALES Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos verticales (alzados y muros), vibrado y colocado.			
O1100010	Mano de obra	h.	Oficial 1ª encofrador	0,200	11,47	2,29
O1100011	Mano de obra	h.	Ayudante encofrador	0,010	10,75	0,11
O1100012	Mano de obra	h.	Oficial 1ª gruista	0,010	11,19	0,11
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,010	9,62	0,10
M1100003	Maquinaria	h.	Grúa telescópica autoprop.	0,001	48,97	0,05
M1100001	Maquinaria	h.	Autob.hormig.h.40 m3, pluma<=32m.	0,003	136,5 7	0,41
M1100044	Maquinaria	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm	0,400	1,34	0,54
P1100029	Material	m3	Horm. HA-25/P/40	1,000	71,11	71,11
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,747	6,00	4,48
			E0102010		79,20	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0104001	Partida	Kg	ACERO BARRAS CORRUG. B 500 S Acero en barras corrugadas tipo B 500 S de 500 N/mm2 de límite elástico para armaduras, elaborado y colocado.			
10.26	Mano de obra	h.	Oficial 1ª ferralla	0,010	11,47	0,11
O1100014	Mano de obra	h.	Ayudante ferralla	0,010	10,75	0,11
P1100067	Material	kg	Acero corrugado B 500 S	1,070	0,31	0,33
P1100065	Material	kg	Alambre atar 1,30 mm.	0,005	0,78	0,00
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,006	6,00	0,04
			E0104001		0,59	
E0103003	Partida	m2	ENCOFRADO PLANO EN PAR. VERTICALES Encofrado plano en paramentos verticales, con desencofrado.			
O1100010	Mano de obra	h.	Oficial 1ª encofrador	0,200	11,47	2,29
O1100011	Mano de obra	h.	Ayudante encofrador	0,200	10,75	2,15
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,200	9,62	1,92
M1100051	Maquinaria	m2	Encof. panel metal.5/10 m2. 50 p.	1,000	2,36	2,36
M1100003	Maquinaria	h.	Grúa telescópica autoprop.	0,100	48,97	4,90
P1100022	Material	l.	Desenc.Bettodesmold H enc.metál.	0,083	1,59	0,13
P1100045	Material	kg	Puntas 20x100	0,020	0,65	0,01
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,138	6,00	0,83
			E0103003		14,59	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0101023	Partida	m3	ESCOLLERA Escollera de 1.000 kg. colocada en protección de cauces, tamaño mínimo 800 mm, incluido suministro y preparación de la superficie de apoyo, perfectamente rasanteada, encajada y terminada.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,020	11,61	0,23
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,085	9,62	0,82
M1100011	Maquinaria	h.	Excav.hidr.cadenas 310 CV	0,060	85,05	5,10
M1100027	Maquinaria	h.	Camión basculante 6x4 20 t.	0,040	41,15	1,65
M1200002	Maquinaria	m3	km transporte escollera	50,000	0,07	3,50
P1100153	Material	m3	Escollera 1000 kg	1,000	6,03	6,03
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,173	6,00	1,04
			E0101023		18,37	
E0102006	Partida	m3	HORMIGÓN HA-25 EN ELEM. INCLINADOS Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 en elementos inclinados, vibrado y colocado.			
O1100010	Mano de obra	h.	Oficial 1ª encofrador	0,050	11,47	0,57
O1100011	Mano de obra	h.	Ayudante encofrador	0,050	10,75	0,54
O1100012	Mano de obra	h.	Oficial 1ª gruista	0,040	11,19	0,45
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,080	9,62	0,77
M1100003	Maquinaria	h.	Grúa telescópica autoprop.	0,050	48,97	2,45
M1100001	Maquinaria	h.	Autob.hormig.h.40 m3, pluma<=32m.	0,050	136,57	6,83
M1100044	Maquinaria	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm	0,585	1,34	0,78
P1100029	Material	m3	Horm. HA-25/P/40	1,000	71,11	71,11
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,835	6,00	5,01
			E0102006		88,51	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0103008	Partida	m2	ENCOFRADO CURVO EN ALZADOS Encofrado curvo en alzados y estructuras, con desencofrado.			
O1100010	Mano de obra	h.	Oficial 1ª encofrador	0,480	11,47	5,51
O1100011	Mano de obra	h.	Ayudante encofrador	0,480	10,75	5,16
M1100051	Maquinaria	m2	Encof. panel metal.5/10 m2. 50 p.	1,115	2,36	2,63
M1100003	Maquinaria	h.	Grúa telescópica autoprop.	0,186	48,97	9,11
P1100022	Material	l.	Desenc.Bettodesmold H enc.metál.	0,083	1,59	0,13
P1100045	Material	kg	Puntas 20x100	0,020	0,65	0,01
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,226	6,00	1,36
			E0103008		23,91	
E0102001	Partida	m3	HORMIGÓN EN MASA HM-15 Hormigón en masa, tipo HM-15 de limpieza de R.C. 15 N/mm2, colocado.			
O1100002	Mano de obra	h.	Capataz	0,100	11,61	1,16
O1100004	Mano de obra	h.	Oficial segunda	0,200	10,47	2,09
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,200	9,62	1,92
M1100009	Maquinaria	h.	Hormigonera 200 l. gasolina	0,200	1,37	0,27
M1100044	Maquinaria	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm	0,200	1,34	0,27
P1100026	Material	m3	Hormigón HM-15 central	1,100	57,04	62,74
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,685	6,00	4,11
			E0102001		72,56	



Presupuesto. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

E0102003	Partida	m3	HORMIGÓN HA-25 EN CIMENTACIONES Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 en soleras y cimentaciones, vibrado y colocado.			
O1100003	Mano de obra	h.	Oficial primera	0,150	10,03	1,50
O1100007	Mano de obra	h.	Peón ordinario	0,150	9,62	1,44
M1100044	Maquinaria	h.	Vibrador hormigón gasolina 75 mm	0,242	1,34	0,32
P1100030	Material	m3	Horm. HA-25/P/40 central	1,000	69,38	69,38
%6	Otros	%	Costes indirectos	0,726	6,00	4,36
			E0102003		77,00	
E01	Partida	m3	EXCAVACION CON FORMACION DE ACOPIO	0,00	2,23	0,00
E02	Partida	m3	EXCAVACION CON RETIRO A VERTEDERO	0,00	2,23	0,00
E03	Partida	m3	EXCAVACION EN RELLENOS Y TRASDOS DE MUROS	0,00	2,67	0,00



C01.06	Capítulo	NUEVAS UNIDADES				
C01.06.01	Partida	Uds.	SISTEMA DE ANCALJES Y MICROPILOTES	0,00	37.180,00	0,00
C01.06.02	Partida	Kg	ESTRUCTURA METALICA	0,00	1,40	0,00
C01.06.03	Partida	Kg	PLACAS Y ANCLAJES	0,00	1,35	0,00

PRESUPUESTO GENERAL

1. OBRA CIVIL DE LA MINICENTRAL

Código	Nat	Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Import
C01	Capítulo		Capítulo C01	1	350.019,18	350.019,18
C01.01	Capítulo		ACCESO, URBANIZACIÓN Y JARDINERÍA	1,00	41.953,03	41.953,03
E1101005	Partida	m2	DEMOLICIÓN PAV. EXIST. Demolición de pavimento existente y transporte a vertedero.	529,75	3,84	2.034,24
E0109009	Partida	Ud.	RETIRADA, ACOPIO Y RECOLOCACIÓN BÁCULO DE LUZ Retirada, acopio y recolocación de báculo de luz existente. Incluso parte proporcional de amclajes y sustentación.	1,00	130,79	130,79
E0101011	Partida	m3	TERRAPLÉN CON MATERIAL PROCEDENTE DE PRESTAMO Terraplén con productos procedentes de prestamo, para la construcción del núcleo y cimientos, incluso transporte, extensión, humectación y compactación.	3.183,29	4,79	15.247,96
E0101000	Partida	m3	TERRAPLEN CON MATERIALES PROCEDENTE DE LA EXCAVACION Terraplén con productos procedentes de la excavación, para la construcción del núcleo y cimientos, incluso transporte, extensión, humectación y compactación.	1.138,80	1,13	1.286,84
E0101001	Partida	m3	EXCAVACIÓN PARA EL VACIADO DE LA MINICENTRAL Excavación para el vaciado de la minicentral, incluso transporte a vertedero o lugar de empleo.	651,37	5,87	3.823,54
E1101001	Partida	m3	EXCAVACIÓN DESMONTE Excavación a cielo abierto con transporte de material a vertedero o lugar de empleo e incluso agotamiento.	3.765,89	2,23	8.397,93
E0101008	Partida	m3	DEMOLICIÓN OBRA HORMIGÓN EN MASA Demolición de obra de hormigón armado o en masa, incluso retirada, carga y transporte de escombros a vertedero.	305,89	12,56	3.841,98
EC003308	Partida	m3	DESMONTAJE DE ESCOLLERA Desmontaje de escollera hormigonada, incluso acopio de material	60,00	8,56	513,60



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

E1112002	Partida	m2	SIEMBRA CESPED Siembra de cespced	410,25	3,13	1.284,08
EC003309	Partida	ml	DESMONTAJE RED DE RIEGO	40,00	5,10	204,00
E0206011	Partida	Ud	REPOSICIÓN RED DE RIEGO Conjunto de tuberías, accesorios y equipos de riego, para la adaptación de la red existente a las necesidades de las nuevas zonas a regar.	1,00	273,89	273,89
EC003301	Partida	m2	GEOTEXTIL DE 200 g./m2	31,41	1,65	51,83
EC003303	Partida	ml	DESMONTAJE DE BALAUSTRADA. Desmontaje y acopio de balaustrada.	13,00	12,29	159,77
EC003302	Partida	ml	BALAUSTRADA RED. HOR. BLANCO Recolocación de balaustrada existente.	13,00	23,41	304,33
EC003304	Partida	ml	DESvíO PROVISIONAL DE CANALIZACIÓN ELÉCTRICA Desvio provisional de canalización eléctrica.	40,00	7,34	293,60
EC003305	Partida	ml	REPOSICIÓN CANALIZACIÓN ELÉCTRICA Reposición de canalización eléctrica.	38,00	7,34	278,92
EC003306	Partida	ml	REPOSICIÓN DE LOSA CESPED	88,50	40,52	3.586,02
EC003310	Partida	ml	REPOSICIÓN DE CARRIL-BICI Ml de carril bici de 2,5 m de ancho, con cama de arena, capa de zahorra artificial, pavimento Slurry color y tratamiento superficial, totalmente colocado.	88,00	25,38	2.233,44
E0109006	Partida	ml	TUBERIA HORM.CENTRIF.D=100 cm ML. Tubería de hormigón centrifugado BORONDO de D=100 cm., sobre solera de hormigón HM-20 N/mm2., tamaño máximo del árido 40 mm. de 10 cm. de espesor y cajeros de hormigón hasta media caña.	12,00	94,11	1.129,32
E0109010	Partida	m3	RECOLOCACIÓN DE ESCOLLERA Transporte desde el lugar de acopio y recolocación de escollera hormigonada, totalmente instalada.	60,00	11,98	718,80
E0101023	Partida	m3	ESCOLLERA	0,00	18,37	0,00



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

C01.02	Capítulo	SISTEMA DE PANTALLAS	1,00	82.698,28	82.698,28
E0113007	Partida	ml MUROS GUÍA DE 0,5x0,6 m Muro guía para ejecución de muro pantalla.	69,20	25,44	1.760,45
E0102010	Partida	m3 HORMIGÓN HA-25 EN ELEM. VERTICALES Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos verticales (alzados y muros), vibrado y colocado.	440,11	79,20	34.856,71
E0104001	Partida	Kg ACERO BARRAS CORRUG. B 500 S Acero en barras corrugadas tipo B 500 S de 500 N/mm2 de límite elástico para armaduras, elaborado y colocado.	26.406,60	0,59	15.579,89
E0113008	Partida	m3 EXCAVACIÓN PANTALLAS Y LODOS BENTONÍTCOS Excavación de pantallas y lodos bentoníticos, incluso preparación y transporte de sus respectivos equipos.	440,11	55,81	24.562,54
E0101003	Partida	m3 CARGA Y TRANSPORTE A VERTEDERO Carga sobre camión volquete de 10 Tm con pala cargadora de 1,2 m3, de tierras procedentes de excavación y transporte a vertedero o lugar de empleo.	440,11	1,18	519,33
E0104009	Partida	ud ARRIOSTRAMIENTO MURO PANTALLA Arriostramiento de muro pantalla mediante dos estructuras de cuadermas metálicas, incluso posterior retirada de estructura.	4,00	1.354,84	5.419,36
		C01.02	1,00	82.698,28	82.698,28



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

C01.03	Capítulo	ESCALA DE PECES	1,00	31.958,80	31.958,80
E0101000	Partida	m3 TERRAPLEN CON MATERIALES PROCEDENTE DE LA EXCAVACION Terraplén con productos procedentes de la excavación, para la construcción del núcleo y cimientos, incluso transporte, extensión, humectación y compactación.	1,239,42	1,13	1.400,54
E0101008	Partida	m3 DEMOLICIÓN OBRA HORMIGÓN EN MASA Demolición de obra de hormigón armado o en masa, incluso retirada, carga y transporte de escombros a vertedero.	20,40	12,56	256,22
E0101023	Partida	m3 ESCOLLERA Escollera de 1.000 kg. colocada en protección de cauces, tamaño mínimo 800 mm, incluido suministro y preparación de la superficie de apoyo, perfectamente rasanteada, encajada y terminada.	563,01	18,37	10.342,49
E0102001	Partida	m3 HORMIGÓN EN MASA HM-15 Hormigón en masa, tipo HM-15 de limpieza de R.C. 15 N/mm2, colocado.	19,48	72,56	1.413,47
E0102003	Partida	m3 HORMIGÓN HA-25 EN CIMENTACIONES Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2, en soleras y cimentaciones, vibrado y colocado.	54,68	77,00	4.210,36
E0103001	Partida	m2 ENCOFRADO PLANO EN CIMENTACIONES Encofrado plano en soleras y cimentaciones, con desencofrado.	39,74	10,99	436,74
E0103003	Partida	m2 ENCOFRADO PLANO EN PAR. VERTICALES Encofrado plano en paramentos verticales, con desencofrado.	357,42	14,59	5.214,76
E0104001	Partida	Kg ACERO BARRAS CORRUG. B 500 S Acero en barras corrugadas tipo B 500 S de 500 N/mm2 de límite elástico para armaduras, elaborado y colocado.	3.280,20	0,59	1.935,32
E6000007	Partida	kg ACERO A-42b EN ESTRUCT.SOLDAD Acero laminado A-42b, en perfiles laminados en caliente para vigas, pilares, zunchos y correas, mediante uniones soldadas; i/p.p. de soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y dos manos de imprimación con pintura de minio de plomo, montado y colocado, según NTE-EAS/EAV y normas NBE-MV.	1.500,00	1,01	1.515,00
E6000208	Partida	m2 ENTR.TRAMEX 30x30/30x3 GALV. Entramado metálico formado por rejilla de pletina de acero galvanizado, tipo TRAMEX de 30 x 3 mm., formando cuadrícula de 30 x 30 mm. y bastidor con uniones electrosoldadas, i/soldadura, anclajes, piezas especiales y ajuste a otros elementos, totalmente terminado y colocado.	69,20	62,21	4.304,93
EC003301	Partida	m2 GEOTEXTIL DE 200 g./m2	563,01	1,65	928,97
		C01.0	1,00	31.958,80	31.958,80



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

C01.04	Capítulo	INFRAESTRUCTURA DE LA MINICENTRAL	1,00	90.241,45	90.241,45
E0101008	Partida	m3 DEMOLICIÓN OBRA HORMIGÓN EN MASA Demolición de obra de hormigón armado o en masa, incluso retirada, carga y transporte de escombros a vertedero.	43,44	12,56	545,61
E0102001	Partida	m3 HORMIGÓN EN MASA HM-15 Hormigón en masa, tipo HM-15 de limpieza de R.C. 15 N/mm2, colocado.	170,60	72,56	12.378,74
E0102003	Partida	m3 HORMIGÓN HA-25 EN CIMENTACIONES Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2, en soleras y cimentaciones, vibrado y colocado.	48,05	77,00	3.699,85
E0102004	Partida	m3 HORMIGÓN HA-25 EN ELEM. HORIZONTALES Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos horizontales (losas), vibrado y colocado.	56,36	85,17	4.800,18
E0102005	Partida	m3 HORMIGÓN BLANCO EN MUROS Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos verticales (alzados y muros), vibrado y colocado.	107,68	112,51	12.115,08
E0102006	Partida	m3 HORMIGÓN HA-25 EN ELEM. INCLINADOS Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos inclinados, vibrado y colocado.	101,16	88,51	8.953,67
E0103006	Partida	m3 CIMBRADO DE LOSAS, FORJADOS Cimbrado de losas, forjados y cúpulas, con altura superior a 5 m., incluso apeos.	623,30	10,98	6.843,83
E0102010	Partida	m3 HORMIGÓN HA-25 EN ELEM. VERTICALES Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos verticales (alzados y muros), vibrado y colocado.	35,38	79,20	2.802,10
E0103002	Partida	m2 ENCOFRADO PLANO EN PAR. HORIZONTALES Encofrado plano en paramentos horizontales, con desencofrado.	119,90	12,19	1.461,58
E0103003	Partida	m2 ENCOFRADO PLANO EN PAR. VERTICALES Encofrado plano en paramentos verticales, con desencofrado.	683,50	14,59	9.972,27
E0103004	Partida	m2 ENCOFRADO PLANO EN PAR. INCLINADOS Encofrado plano en paramentos inclinados, con desencofrado.	35,10	19,86	697,09
E0104001	Partida	Kg ACERO BARRAS CORRUG. B 500 S Acero en barras corrugadas tipo B 500 S de 500 N/mm2 de límite elástico para armaduras, elaborado y colocado.	35.151,20	0,59	20.739,21



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

E0104004	Partida	ml	ESCALERA METÁLICA Escalera metálica, formada por perfiles galvanizados y huellas de pletinas entrecruzadas, electrosoldadas, colocada.	4,30	22,34	96,06
E0104005	Partida	ml	BARANDILLA ACERO INOXIDABLE Barandilla de acero inoxidable, de 90 cm. de altura y diámetro superior a 3 cm., colocada.	8,80	148,49	1.306,71
E0111002	Partida	ml	BANDA ELÁSTICA BULBO TUBULAR Banda elástica con bulbo tubular de 22 cm. de ancho, para juntas, colocada.	34,60	9,04	312,78
E0102008	Partida	m3	RELLENO DE GRAVA EN MINICENTRAL	59,36	16,56	983,00
E0109003	Partida	m2	CARP. METALICA PUERTAS Carpintería metálica en puertas correderas o abtibles de doble chapa de acero galvanizado, con aislamiento interior de poliuretano, incluso junta de neopreno de marco y cerco, tira de vinilo en zona inferior, cerradura de seguridad, picaporte con frente de latón y pernios latonados.	8,10	107,43	870,18
E6000208	Partida	m2	ENTR.TRAMEX 30x30/30x3 GALV. Entramado metálico formado por rejilla de pletina de acero galvanizado, tipo TRAMEX de 30 x 3 mm., formando cuadrícula de 30 x 30 mm. y bastidor con uniones electrosoldadas, i/soldadura, anclajes, piezas especiales y ajuste a otros elementos, totalmente terminado y colocado.	38,10	62,21	2.370,20
E6000007	Partida	kg	ACERO A-42b EN ESTRUCT.SOLDAD Acero laminado A-42b, en perfiles laminados en caliente para vigas, pilares, zunchos y correas, mediante uniones soldadas; i/p.p. de soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y dos manos de imprimación con pintura de minio de plomo, montado y colocado, según NTE-EAS/EAV y normas NBE-MV.	273,57	1,01	276,31
E01	Partida	m3	EXCAVACION CON FORMACION DE ACOPIO	0,00	2,23	0,00
E02	Partida	m3	EXCAVACION CON RETIRO A VERTEDERO	0,00	2,23	0,00
E03	Partida	m3	EXCAVACION EN RELLENOS Y TRASDOS DE MUROS	0,00	2,67	0,00
			C01.04	1,00	90.241,45	90.241,45



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

C01.05	Capítulo	CONDUCCIONES Y VARIOS		1,00	103.167,62	103.167,62
EC003308	Partida	m3	DESMONTAJE DE ESCOLLERA Desmontaje de escollera hormigonada, incluso acopio de material.	641,18	8,56	5.488,50
E1101001	Partida	m3	EXCAVACIÓN DESMONTE Excavación a cielo abierto con transporte de material a vertedero o lugar de empleo e incluso agotamiento.	1.272,99	2,23	2.838,77
E0114008	Partida	m2	TABLESTACADO Tablestacado para sostenimiento de tierras en excavación, parte proporcional de anclajes y arriostramiento, totalmente ejecutado.	370,40	52,79	19.553,42
E0101002	Partida	m3	EXCAVACIÓN EN ZANJAS Excavación en tierras, en zanjas y pozos, incluso entibación y agotamiento.	530,61	3,22	1.708,56
E0114007	Partida	ml.	MARCO PREFABRICADO Marco de hormigón prefabricado de dimensiones internas 2,50 x 3,00, incluso colocación sobre cama de arena, sellado de juntas e impermeabilización. Totalmente terminado.	25,50	1.095,56	27.936,78
E0101012	Partida	m3	RELLENO MATERIAL FILTRANTE Relleno de material filtrante en zanjas drenantes.	68,99	13,56	935,50
E0101005	Partida	m3	RELLENO EN ZANJAS Y POZOS Relleno y compactación en zanjas y pozos con material procedente de la excavación.	137,44	2,67	366,96
E0101000	Partida	m3	TERRAPLEN CON MATERIALES PROCEDENTE DE LA EXCAVACION Terraplén con productos procedentes de la excavación, para la construcción del núcleo y cimientos, incluso transporte, extensión, humectación y compactación.	1.272,99	1,13	1.438,48
E0109010	Partida	m3	RECOLOCACIÓN DE ESCOLLERA Transporte desde el lugar de acopio y recolocación de escollera hormigonada, totalmente instalada.	723,34	11,98	8.665,61
E0102010	Partida	m3	HORMIGÓN HA-25 EN ELEM. VERTICALES Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm ² en elementos verticales (alzados y muros), vibrado y colocado.	181,24	79,20	14.354,21



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

E0104001	Partida	Kg	ACERO BARRAS CORRUG. B 500 S Acero en barras corrugadas tipo B 500 S de 500 N/mm2 de límite elástico para armaduras, elaborado y colocado.	18.385,00	0,59	10.847,15
E0103003	Partida	m2	ENCOFRADO PLANO EN PAR. VERTICALES Encofrado plano en paramentos verticales, con desencofrado.	311,84	14,59	4.549,75
E0101023	Partida	m3	ESCOLLERA Escollera de 1.000 kg. colocada en protección de cauces, tamaño mínimo 800 mm, incluido suministro y preparación de la superficie de apoyo, perfectamente rasanteada, encajada y terminada.	4,50	18,37	82,67
E0102006	Partida	m3	HORMIGÓN HA-25 EN ELEM. INCLINADOS Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2 en elementos inclinados, vibrado y colocado.	22,28	88,51	1.972,00
E0103008	Partida	m2	ENCOFRADO CURVO EN ALZADOS Encofrado curvo en alzados y estructuras, con desencofrado.	101,60	23,91	2.429,26
E0102001	Partida	m3	HORMIGÓN EN MASA HM-15 Hormigón en masa, tipo HM-15 de limpieza de R.C. 15 N/mm2, colocado.	0,00	72,56	0,00
E0102003	Partida	m3	HORMIGÓN HA-25 EN CIMENTACIONES Hormigón para armar, tipo HA-25 de R.C. 30 N/mm2, en soleras y cimentaciones, vibrado y colocado.	0,00	77,00	0,00
E01	Partida	m3	EXCAVACION CON FORMACION DE ACOPIO	0,00	2,23	0,00
E02	Partida	m3	EXCAVACION CON RETIRO A VERTEDERO	0,00	2,23	0,00
E03	Partida	m3	EXCAVACION EN RELLENOS Y TRASDOS DE MUROS	0,00	2,67	0,00
C01.05				1,00	103.167,62	103.167,62



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

C01.06	Capítulo	NUEVAS UNIDADES	1,00	0,00	0,00
C01.06.01	Partida	Uds. SISTEMA DE ANCALJES Y MICROPILOTES	0,00	37.180,00	0,00
C01.06.02	Partida	Kg ESTRUCTURA METALICA	0,00	1,40	0,00
C01.06.03	Partida	Kg PLACAS Y ANCLAJES	0,00	1,35	0,00
		C01.06	1,00	0,00	0,00
		C01	1	350.019,18	350.019,18
		OBRA CIVIL MINICENTRAL	1	350.019,18	350.019,18



2. EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS

Código	Nat	Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
C02	Capítulo		INSTALACIÓN ELECTROMECAÑICA	1	487.996,06	487.996,06
C02.01	Capítulo		INSTALACION ES MECÁNICAS	1,00	354.625,36	354.625,36
E0101019	Partida	Ud	COMPUERTA MOTORIZADA Compuerta motorizada de dimensiones 5,05 x 3,2 m. de altura, con cierre a los cuatro lados, cierre por gravedad y apertura mediante cilindro hidráulico, para una presión de empuje de 10 mts de columna de agua sin equilibrio de empujes.	1,00	29.249,80	29.249,80
E0101020	Partida	Ud.	LIMPIARREJAS HIDRÁULICO Limpiarrejas hidráulico de 5,05 mts de ancho y 4,5 mts de largo, capacidad de carga 1.500 Kg, potencia 5,5 C.V. tensión 400 V. Funcionamiento totalmente automático y con la posibilidad de funcionar a mano para extraer troncos de grandes dimensiones.	1,00	27.044,80	27.044,80
E0101021	Partida	Ud.	CANALETA CON BOMBA DE LIMPIEZA Canaleta de 6 mts de longitud, con bomba de limpieza, totalmente galvanizada en caliente.	1,00	3.510,00	3.510,00
E0101022	Partida	Ud.	REJILLA DE GRUESOS Rejilla de gruesos de 5,05 mts de ancho y 4,5 mts de largo galvanizada en caliente.	1,00	8.113,50	8.113,50



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

E0237001	Partida	Ud.	<p>PUENTE GRUA 8.000 KG; LUZ 9,00 M</p> <p>Puente grua monorraíl con polipasto eléctrico de las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marca: Vicinay - Capacidad de carga: 8.000 kg. - Luz entre ejes de carriles: 9,00 m. - Velocidad de elevación: 6 m/min. - Velocidad de traslación del carro: 20 m/min. - Velocidad de traslación del puente: 20 m/min. - Longitud de desplazamiento del puente grua: 15 m. - Alimentación eléctrica: por manguera plana de neopreno <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estructura del puente: chapa de acero y perfiles - Aparejo: acero F-115/F-3 - Ruedas: acero forjado <p>Accionamiento: motorreductores electricos (motores segun Esp. Tec. 2.00.00.02)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tipo: monobloc - Potencia motor elevación: 2 CV - Potencia motor traslación del carro: 0,25 CV - Potencia motores traslación del puente: 2 x 0,25 CV <p>Acabado:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Segun standard del fabricante (Resto de características segun Esp. Tec. 2.37.10.01) <p>Incluso parte proporcional de rail guía.</p>	1,00	17.276,00	17.276,00
EC003312	Partida	Ud.	<p>TURBINA TIPO KAPLAN</p> <p>Turbina tipo kaplan en bulbo para 20 m3/seg. y 4,6 m. de salto, de 750 rpm y potencia nominal 760 Kw, según especificaciones técnicas de proyecto, incluso montaje, carcasa tipo bulbo y tubo de aspiración.</p>	1,00	178.798,98	178.798,98
E001E18	Partida	Ud.	<p>GENERADOR ASINCRONO TRIFÁSICO NA-500-S/8</p> <p>Generador asincrono trifásico na-500-s/8 de eje inclinado de 850 KVA cos fi, 750 rpm de velocidad nominal 380 V, incluso sondas térmicas de cada cojinete, resistencia de caldeo en parada, termistores en el devanado del estátor, dispositivo para acoplamiento, etc..</p>	1,00	36.470,65	36.470,65
E001E19	Partida	Ud.	<p>MULTIPLICADOR DE VELOCIDAD</p> <p>Multiplicador de velocidad con factor de servicio 2,5 y rátió 190/750 rpm, completamente instalado.</p>	1,00	54.161,63	54.161,63
			C02.01	1,00	354.625,36	354.625,36



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

C02.02	Capítulo	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	1,00	93.722,20	93.722,20
E00IE01	Partida	Ud. CELDAS DE M.T./13,2 KV. Celdas de 13,2 Kv serie 24/50/125 kv. formado por equipo modular de la gama SF6 compuesto por celdas equipadas con apartamento fija bajo envolvente metálica, con la siguiente composición: Celda 1 (SIM-16) Celda 2 (SGBCB) Celda 3 (SDM-1C) Celda 4 (SGBCD) Celda 5 (Para instalación de transformador principal)	1,00	27.261,20	27.261,20
E00IE02	Partida	Ud. ELEMENTOS DE SEGURIDAD Elementos de seguridad formados por pérdida de salvamento y todo tipo de instalaciones de seguridad totalmente instaladas.	1,00	1.070,80	1.070,80
E00IE03	Partida	Ud. EQUIPOS DE PROTECCIÓN AUTOMATISMO Y REGULACIÓN Armario construido en chapa de acero laminado en frío de 2 mm. de espesor de dimensiones aproximadas l=3.200 mm. h=2.000 mm y f=600 mm. compuesto por las siguientes celdas: Celda nº 1: sincronismo, protección y medida. Celda nº 2 :automatismo y protección Celda nº 3 :potencia generador y acoplamiento Celda nº 4 :servicios auxiliares completamente instalado, según especificación técnica del proyecto.	1,00	28.721,50	28.721,50
E00IE04	Partida	Ud. ELEMENTOS DE CAMPO Elementos de campo formado por transmisor de nivel ultrasónico, cable para sonda, y transmisores lineales de posición, según especificaciones de proyecto, completamente instalado.	1,00	3.212,40	3.212,40
E00IE05	Partida	Ud. CARGADOR DE BATERÍAS Equipo cargador rectificador de corriente continua alimentado a 230 V. c. a., con dispositivo de carga rápida y flotación conmutadas, y sistema de control de tensión continua, según especificaciones de proyecto, completamente instalado.	1,00	2.043,90	2.043,90



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

E00IE06	Partida	Ud.	INTERCONEXIONES DE CONTROL (CABLEADOS) Conjunto de interconexiones de control formado por cable flexible de cu., cable apantallado de 2x1 mm. terminales, según medición auxiliar de proyecto, completamente instalado.	1,00	3.105,50	3.105,50
E00IE07	Partida	Ud.	INTERCONEXIONES DE CONTROL (CANALIZACIÓN) Conjunto de canalizaciones en tubo de acero y tubo flexible de 11, 16, 21 y 36 mm. de diámetro, incluso rácores y pequeño material, según medición auxiliar de proyecto, completamente instalado.	1,00	1.051,40	1.051,40
E00IE08	Partida	Ud.	EQUIPO DE MEDIDA DE RED Armario para alojamiento de contadores de medida según especificaciones de la compañía eléctrica, incluso contadores totalmente instalado y probado.	1,00	5.651,30	5.651,30
E00IE09	Partida	Ud.	TIERRAS Conjunto de elementos para red de tierras, para neutros y herrajes de transformación, generación y servicios auxiliares, según medición auxiliar de proyecto, completamente instalado.	1,00	2.846,70	2.846,70
E00IE10	Partida	Ud.	INTERCONEXIONES DE POTENCIA (CABLEADO Y CANALIZACIÓN) Conjunto de interconexiones de potencia formado por las siguientes canalizaciones y cables: Conexión entre armario modular de 24 Kv. y transformador de potencia, formado por cable de DHZ1 12 /20 KV. de 1x150 mm2 en aluminio. Conexión entre armario modular de 24 Kv. y medida de la compañía suministradora. Conexión entre transformador y armario de acoplamiento con cable de 1x240 mm2. en cu, 0,6/1 KV. en bandeja PVC Conexión entre generador y armario de acoplamiento con cable de 1x240 mm2. en cu, 0,6/1 KV. en bandeja de PVC Completamente instalado y probado.	1,00	4.371,50	4.371,50
E00IE12	Partida	Ud.	PROTECCIONES DE RED Módulo multifunción para montaje empotrado de dimensiones 352 x 222 x 300 de MERLIN GERIN con las siguientes funciones: protección, medida, automatismos y comunicación, según especificaciones de proyecto totalmente instalado.	1,00	6.085,40	6.085,40
E00IE13	Partida	Ud.	ALUMBRADO Y EMERGENCIA	1,00	1.800,60	1.800,60
			C02.02	1,00	93.722,20	93.722,20



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

Capítulo	Partida	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
C02.03		AUTIMATISMOS	1,00	39.648,50	39.648,50
E00IE14	Partida	TELEMANDO Y TELEGESTIÓN		1,00	14.604,50
		Instalación para telecontrol de la Central con sistema de comunicación a través de Módem telefónico vía red telefónica convencional incluyendo los siguientes equipos: Puesto Central. - Estación remota - Programa para acceso a distancia de estación remota. - Programa dse supervisión y recogida de datos (SCADA) PCWin. Puesto Remoto.			14.604,50
E00IE15	Partida	INGENIERÍA Y ENSAYOS	1,00	3.948,60	3.948,60
		Condiciones técnicas de instalación de equipos y coordinación con otros suministradores durante la ejecución de la obra. Ensayos a realizar en armarios, celdas, cableados, etc. tras ejecutarse la obra.			
E00IE16	Partida	MONTAJE E INSTALACIÓN	1,00	13.522,70	13.522,70
		instalación y montaje de los materiales relacionados en anteriores unidades, incluyendo mano de obra y gastos de personal.			
E00IE17	Partida	PUESTA EN SERVICIO	1,00	7.572,70	7.572,70
		Puesta en servicio de la Central mediante la realización de las pruebas siguientes: - Comprobación de funcionalidad de los sistemas. - Ensayo de protecciones de red, parametrización de relés y registro de disparos. - Regulación de los parámetros de la turbina. - Verificación de potencias de generación y rendimientos del sistema. - Protocolo de explotación y gestión.			
		C02.03	1,00	39.648,50	39.648,50
		C02	1	487.996,06	487.996,06
		EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS	1	487.996,06	487.996,06

3. SEGURIDAD Y SALUD

Código	Nat	Ud	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
C03	Capítulo		SEGURIDAD Y SALUD	1,00	10.056,91	10.056,91
C03.01	Capítulo		PROTECCIONES INDIVIDUALES	1,00	2.445,84	2.445,84
ESS002	Partida	Ud	Casco seguridad Distribución de casco de seguridad completo, incluso protector de nuca y amortiguador contra caídas de objetos.	15,000	7,21	108,15
ESS003	Partida	Ud	Botas de seguridad de lona Par de botas de seguridad con puntera y plantillas metálicas, homologadas.	5,000	15,02	75,10
ESS004	Partida	Ud	Botas de seguridad de cuero Distribución de par de botas de seguridad con suela y puntera reforzada, de lona.	5,000	18,78	93,90
ESS005	Partida	Ud	Botas agua cremallera Distribución de par de botas de agua en PVC, con forro interior, cremallera y relive antideslizante en el talón, con una altura de 30 cm.	10,000	13,07	130,70
ESS006	Partida	Ud	Zapatos segur acril nitr Distribución de par de zapatos homologados de seguridad con piso vulcanizado de acrílo nitrilo de alta resistencia a la abrasión, aceites e hidrocarburos, puntera metálica pintada aislante y resistente a la corrosión, relieve en la planta con un coeficiente de adherencia de 0.24, pieles curtidas de 2.2-2.4 mm de grosor tratadas para resistir a la penetración de líquidos, según la norma MT-5.	4,000	22,03	88,12
ESS007	Partida	Ud	Botas de media caña con piso vulcanizado Distribución de par de botas homologados de seguridad con piso vulcanizado de acrílo nitrilo de alta resistencia a la abrasión, aceites e hidrocarburos, puntera metálica pintada aislante y resistente a la corrosión, relieve en la planta con un coeficiente de adherencia de 0.24, pieles curtidas de 2.2-2.4 mm de grosor tratadas para resistir a la penetración de líquidos, según la norma MT-5.	4,000	24,75	99,00
ESS009	Partida	Ud	Guantes de uso general Par de guantes de uso general de lona y serraje, contra riesgos mecanicos.	5,000	2,15	10,75



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

ESS013	Partida	Ud	Guantes de cuero Distribución de par de guantes de cuero.	10,000	4,07	40,70
ESS014	Partida	Ud	Guantes de goma Par de guantes de goma.	5,000	1,65	8,25
ESS015	Partida	Ud	Mono de trabajo Mono de trabajo de poliester-algodón, homologado	15,000	12,62	189,30
ESS016	Partida	Ud	Traje impermeable (dos piezas) Traje verde de agua de dos piezas tipo ingeniero. Amortizable en un uso.	15,000	20,34	305,10
ESS018	Partida	Ud	Mandil impermeable Suministro de mandil impermeable de material vulcanizado.	2,000	8,76	17,52
ESS019	Partida	Ud	Polainas impermeables Suministro de polainas impermeables de material vulcanizado.	2,000	8,76	17,52
ESS021	Partida	UD	Traje reflectante 2 piezas Traje de trabajo de dos piezas reflectante de alta intensidad.	10,000	39,36	393,60
ESS024	Partida	UD	Viseras de protección solar Suministro de gorras en tela, tipo visera para protección solar. Amortizables en un uso.	15,000	1,50	22,50
ESS025	Partida	Ud	Semi-mascarila antipolvo doble filtro Semimascarilla antipolvo doble filtro. Amortizable en tres usos.	5,000	13,07	65,35
ESS026	Partida	Ud	Filtro recambio de mascarilla Filtro recambio de mascarilla para polvo y humos, homologado.	20,000	1,70	34,00
ESS027	Partida	Ud	Pantalla antiproyecciones Pantalla de policarbonato, para protección contra partículas, homologada.	2,000	5,47	10,94
ESS028	Partida	Ud	Gafas contraimpactos Gafas contra impactos, incoloras homologadas.	2,000	3,80	7,60
ESS029	Partida	Ud	Gafas antipolvo Gafas antipolvo, homologadas.	2,000	0,87	1,74
ESS030	Partida	Ud	Auriculares protectores Distribución de protector auditivo tipo orejera, compuesto por dos orejeras y un arnés armado de fibra de vidrio.	5,000	15,55	77,75
ESS031	Partida	Ud	Juego tapones audit mold Distribución de juego de tapones auditivos moldeables antirruído	5,000	0,45	2,25
ESS032	Partida	Ud	Cinturón antovibratorio Cinturón antivibratorio, homologado.	3,000	12,86	38,58



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

ESS034	Partida	Ud	Faja elástica sobreesfuerzos	3,000	10,37	31,11
			Faja elástica para protección de sobreesfuerzos, homologada.			
ESS036	Partida	Ud	Cinturón portaherramientas	8,000	9,35	74,80
			Cinturón portaherramientas, homologado.			
ESS037	Partida	Ud	Arnés de seguridad	3,000	82,04	246,12
			Arnés de seguridad con amarre dorsal fabricado con cincha de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable, homologado CE. Amortizable en cinco obras. Ordenanza General de Seguridad e Higiene de 9 de marzo de 1991.			
ESS038	Partida	Ud	Botas aislantes	2,000	21,76	43,52
			Par de botas aislantes para electricista hasta 5000V de tensión.			
ESS039	Partida	Ud	Guantes soldad acolch	2,000	9,17	18,34
			Distribución de guantes de soldador acolchado con puño de 20 cm.			
ESS040	Partida	Ud	Guantes aislantes	2,000	9,17	18,34
			Par de guantes aislantes para protección en contacto eléctrico en tensión hasta 5000V, amortizable en tres usos.			
ESS044	Partida	Ud	Careta de soldador	3,000	19,83	59,49
			Distribución de pantalla homologada de cristal abatible para soldadura con casco de enganche rápido, amortizable en cinco usos.			
ESS045	Partida	Ud	Pantalla de protección para soldadura oxiacetilica	3,000	9,29	27,87
			Distribución de pantalla homologada abatible con fijación en cabeza, amortizable en cinco usos.			
ESS046	Partida	Ud	Gafas de protección frente a radiaciones	3,000	16,93	50,79
			Distribución de gafas de protección frente a radiaciones emitidas por arco voltaico, homologadas. Amortizables en cinco usos.			
ESS047	Partida	Ud	Manguitos de cuero	2,000	2,90	5,80
			Distribución de manguitos de cuero para soldadura, amortizable en un solo uso.			
ESS048	Partida	Ud	Polainas de cuero	2,000	6,00	12,00
			Distribución de par de polainas de cuero para soldadura de dimensiones 25 a 30 cm, con cierre de velcro, amortizable en dos usos.			
ESS049	Partida	Ud	Mandil de cuero	2,000	9,62	19,24
			Distribución mandil de cuero para soldadura, de dimensiones 90x60 cm, amortizable en un solo uso.			
			C03.01	1,00	2.445,84	2.445,84



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

C03.02	Capítulo	PROTECCIONES COLECTIVAS		1,00	1.588,80	1.588,80
ESS050	Partida	Ud	Pictogr 148x297mm opac Pictograma de señalización de dimensiones 148x297 mm y de tipo opaco, con señalización diversa en zona de obras.	10,000	4,24	42,40
ESS051	Partida	Ud	Valla normalizada de desvío tráfico Valla normalizada de desviación de tráfico, incluso soporte con poste y crucetas, amortizable en tres obras.	15,000	18,63	279,45
ESS052	Partida	Ud	Valla de obra reflectante Valla de obra reflectante 170x25 cm de poliester reforzado con fibra de vidrio, con terminación en colores rojo y blanco, patas metálicas, amortizables en cinco usos, incluso colocación y desmontaje.	5,000	21,21	106,05
ESS054	Partida	M2	Malla plástica Distribución y colocación de malla plástica para señalización, balizamiento, protección en vaciados, exavaciones, andamios y otros usos, incluso colocación y desmontaje.	150,000	0,75	112,50
ESS055	Partida	MI	Cinta de balizamiento. Cinta de balizamiento bicolor, roja y blanca de material plástico, incluso colocación y desmontaje.	150,000	0,45	67,50
ESS056	Partida	M2	Pasarela de protección de zanjas, pozos o huecos Pasarela de protección en zanjas, pozos o huecos, en superficies horizontales con chapa de acero de 12mm, incluso colocación y desmontaje (amortizable en 10 usos)	12,000	4,06	48,72
ESS057	Partida	Ud	Tope limitador de avance y/o retroceso. Tope limitador de avance y/o retroceso para camiones y maquinaria, colocados en lugares de vertido de materiales, completamente colocados y anclados al terreno.	3,000	21,50	64,50
ESS060	Partida	MI	Línea de seguridad horizontal Suministro e instalación de línea de vida constituida por cable galvanizado de D=10 mm, anclajes estructurales en extremos, anclajes y postes intermedios (cada 5m máximo), carrete absorbedor y tensor, con capacidad para dos usuarios, incluso colocación y desmontaje.	20,000	17,13	342,60
ESS063	Partida	Ud	Portalámparas portatil de seguridad. Suministro de portalámparas portátil de seguridad.	2,000	3,85	7,70
ESS064	Partida	Ud	Válvula antirretroceso. Suministro de portalámparas portátil de seguridad.	2,000	12,94	25,88
ESS065	Partida	H	Mano de obra para mantenimiento y reposición de protecciones Mano de obra del personal empleado en mantenimiento y reposición de protecciones.	50,000	9,83	491,50
			C03.02	1,00	1.588,80	1.588,8



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

C03.03	Capítulo		EXTINCIÓN DE INCENDIOS	1,00	278,44	278,44
ESS066	Partida	Ud	Extintor de nieve carbónica CO2	1,000	88,52	88,52
			Extintor de nieve carbónica CO2, de eficacia 89B, con 5 Kg de agente extinto, con soporte y boquilla con difusor, según norma UNE 23110, completamente instalado			
ESS067	Partida	Ud	Extintor de polvo químico ABC polivalente	4,000	47,48	189,92
			Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/233B, de 6 Kg de agente extinto, con soporte manómetro comprobable, y boquilla con difusor, según UNE 23110, completamente instalado			
			C03.03	1,00	278,44	278,44



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

C03.04	Capítulo	PROTECCIÓN INSTALACIÓN ELÉCTRICA	1,00	459,78	459,78
ESS070	Partida	UD Montaje de interruptor diferencial de 40A l. nominal Montaje o instalación de interruptor diferencial de 30 mA de sensibilidad y 40 A de intensidad nominal para instalar a 380 V.	3,000	73,01	219,03
ESS071	Partida	UD Montaje de interruptor diferencial de 80A l. nominal Montaje o instalación de interruptor diferencial de 30 mA de sensibilidad y 80 A de intensidad nominal para instalar a 380 V.	2,000	78,64	157,28
ESS072	Partida	UD Montaje de toma a tierra Montaje o instalación de toma a tierra mediante pica de acero cobrizado de 17.3 mm de diámetro y 1.50 de longitud, placa de acero galvanizado de dimensiones 500x500 mm y 31m de de cable trenzado de cobre redondo de 35mm ² de sección bajo funda de vinilo transparente	1,000	83,47	83,47
		C03.04	1,00	459,78	459,78



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

C03.05	Capítulo	INSTALACIÓN HIGIENE Y BIENESTAR	1,00	2.549,31	2.549,31
ESS073	Partida	Ud Alquiler instalación de caseta de obra Mes de alquiler de instalación de caseta de obra. Aislada interiormente. Ventanas de aluminio anodizado, con persianas correderas de protección, incluso instalación eléctrica con distribución interior de alumbrado y fuerza con toma exterior a 220 V o acceso a una instalación equivalente.	12,000	132,22	1.586,64
ESS075	Partida	Ud Taquillas Taquilla metálica individual para vestuario de 1,80m de altura en acero laminado en frío, con tratamiento antifosfatante y anticorrosivo con pintura secada al horno, cerradura, balda, tubo percha y lamas de ventilación en puerta. Totalment instalada (amortizable en tres usos)	12,000	22,84	274,08
ESS076	Partida	H Mano de obra de conservación Mano de obra empleada en limpieza, desinfección, conservación y recogida de basuras en las diversas instalaciones higiénicas del personal de la obra.	50,000	9,83	491,50
ESS077	Partida	Ud Cubo para recogida de basuras Cubo para recogida de basuras, amortizable en dos usos.	1,000	16,83	16,83
ESS078	Partida	Ud Dosificador de jabón Dosificador de jabón de uso industrial de 0.5 l de capacidad, colocado amortizable en tres usos.	1,000	7,81	7,81
ESS079	Partida	MI Acometida provisional de electricidad Acometida provisional de electricidad a caseta de obra desde el cuadro general, formada por manguera flexible de 4x6mm ² de tensión nominal 750 V, incorporando conductor de tierra verde-amarillo, fijada sobre apoyos intermedios cada 2.50 m totalmente instalada.	1,000	5,23	5,23
ESS082	Partida	Ud Acometida provisional de fontanería Acometida provisional de fontanería para la obra de la red de agua potable hasta una longitud máxima de 8m, realizada con tubo de polietileno de 25 mm de diámetro de alta densidad, y para 10 at de presión máima, con collarín de toma de fndición, p.p. de piezas especiales de polietileno y tapón roscado, incluso permisos y derechos para la conexión, totalmente terminada y en funcionamiento, sin incluir rotura del pavimento.	1,000	77,07	77,07
ESS083	Partida	Ud Acometida provisional de saneamiento Acometida provisional de saneamiento de caseta de obra a la red, hasta una distancia de 8m, colocación de tubería de hormigón en masa de enchufe de campana, con junta d e goma de 20cm de diámetro interior.	1,000	90,15	90,15
		C03.05	1,00	2.549,31	2.549,31



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

C03.06	Capítulo		MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS	1,00	675,50	675,50
ESS082	Partida	Ud	Botiquín de obra	2,000	94,96	189,92
			Botiquín de obra instalado, con los contenidos mínimos exigidos en el Pliego del Estudio de Seguridad y Salud, amortizable en tres obras.			
ESS083	Partida	Ud	Reposición de Botiquín	2,000	51,69	103,38
			Reposición de material de botiquín de obra, amortizable en dos obras.			
ESS084	Partida	Ud	Reconocimiento médico obligatorio	12,000	31,85	382,20
			Reconocimiento médico obligatorio, para los trabajadores al inicio de la obra y al ser contratados.			
			C03.06	1,00	675,50	675,50



Presupuesto. PRESUPUESTO GENERAL

C03.07	Capítulo	FORMACIÓN Y REUNIONES SEGURIDAD		1,00	2.059,24	2.059,24
ESS085	Partida	Ud	Reunión de Seguridad y Salud	12,000	125,52	1.506,24
			Reunión con una periodicidad al menos mensual del jefe de la obra, de los responsables de seguridad del contratista, su servicio de prevención, del coordinador en seguridad y salud de la obra y si estuvieran nombrados de alguno de los delegados de prevención, para evaluar el estado de la obra en todos los aspectos relacionados con la Seguridad y la Salud de los trabajadores, incluso información a los trabajadores de los comportamientos seguros en la realización de los trabajos de cada tajo.			
ESS08	Partida	H	Formación en materia de Seguridad y Salud	50,000	11,06	553,00
			Formación en medidas de seguridad y salud en el trabajo, realizada por personal cualificado			
			C03.07	1,00	2.059,24	2.059,24
			SEGURIDAD Y SALUD	1,00	20.113,82	20.113,82



4. PRESUPUESTO GLOBAL. RESUMEN

<i>Código</i>	<i>Nat</i>	<i>Resumen</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Importe</i>
C00	Capítulo	APROVECHAMIENTO DE ENERGIAS RENOVABLES EN EL RIO BERNESGA (LEÓN)	1	830.404,10	830.404,10
C01	Capítulo	OBRA CIVIL DE LA MINICENTRAL	1,00	332.351,13	332.351,13
C02	Capítulo	EQUIPOS ELECTROMECANICOS	1,00	487.996,06	487.996,06
C03	Capítulo	SEGURIDAD Y SALUD	1,00	10.056,91	10.056,91
		C00	1	830.404,10	830.404,10
		RESUMEN	1	830.404,10	830.404,10



VNiVERSiDAD
D SALAMANCA



UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ÁVILA

-GRADO INGENIERÍA CIVIL -

DISEÑO DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS.

MODELO DE APROVECHAMIENTO EN EL RÍO BERNESGA (LEÓN).

***Documento 5: ESTUDIOS DE
ENTIDAD PROPIA***

Autor: REBECA DÍAZ MUÑOZ

Tutor: Dr. Pedro Huerta Hurtado



ÍNDICE DE ESTUDIOS DE ENTIDAD PROPIA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	3
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	18

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL



ÍNDICE

1- INTRODUCCIÓN	5
2- OBJETIVO Y ALCANCE	5
3. ANTECEDENTES	5
4. POSIBLES IMPACTOS DE LAS MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS.....	7
5. IMPACTOS DE LA MINICENTRAL PROYECTADA	9
5.1. Impactos durante la construcción de la central	9
5.2.1. Construcción de un embalse	10
5.2.2. Obra civil adicional.....	10
5.2. Impactos durante el funcionamiento de la central	11
5.2.1 Impactos sonoros	11
5.2.2. Impactos paisajísticos	12
5.2.3 Impactos biológicos	13
5.3. IMPACTOS ASOCIADOS A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.....	16
6. CONCLUSIONES	17



1- INTRODUCCIÓN

Se recogen en este estudio los impactos ambientales asociados a la generación de energía eléctrica utilizando energía hidráulica. Para este fin, se toma como ejemplo la minicentral hidroeléctrica, planteada como modelo en el presente proyecto, que aprovecha el cauce del río Bernesga en la ciudad de León.

2- OBJETIVO Y ALCANCE

El estudio de impacto ambiental que nos ocupa en este apartado, se elabora para examinar y estimar todos los posibles impactos que ocasione la realización de la central, así como los que se produzcan cuando esta esté en funcionamiento, para prevenir o evitar los que sea posible y poner medidas para mitigar el resto.

Se tendrán en cuenta los impactos que genere la obra civil realizada y la implantación de los equipos necesarios ya estudiados, ya que, en los aprovechamientos de energía hidráulica, serán los impactos más graves durante la fase de construcción.

Así mismo, se estudian los posibles impactos sonoros, paisajísticos y biológicos que se pueden producir sobre el ambiente natural, que serán los más importantes durante la fase de explotación.

3. ANTECEDENTES

Los procesos de transformación de la energía, y en concreto de la generación de electricidad en sus diversas formas, constituyen una de las actividades energéticas de mayor impacto. Los daños más importantes derivados de la utilización, transformación y transporte de la energía están asociados a:

- Las emisiones atmosféricas que provocan el calentamiento global del planeta, la disminución de la capa de ozono, la niebla de invierno y niebla fotoquímica.
- La contaminación de los medios acuático y terrestre, que producen acidificación y eutrofización.
- La generación de residuos, como sustancias carcinógenas, residuos radiactivos y metales pesados liberados en la atmósfera.



La instauración de las nuevas políticas energéticas de en los últimos años para enfrentarse a la crecida de la concentración de CO₂ en la atmósfera, se han basado en la utilización de fuentes de energía renovables para reducir esas concentraciones, y cumplir así con los objetivos de reducción global de emisiones en un 5 % fijados por el Protocolo de Kyoto, ya que tienen un menor impacto ambiental que las energías basadas en combustibles fósiles o la energía nuclear, en relación a los daños descritos anteriormente (emisiones atmosféricas, contaminación del medio y generación de residuos). Según el estudio Impactos Ambientales de la Producción Eléctrica del IDAE, el sistema energético que produce menores impactos sobre el medio ambiente es el de las minicentrales hidroeléctricas, en comparación con otros 8 sistemas energéticos de producción eléctrica (lignito, carbón, petróleo, gas natural, nuclear, fotovoltaico, eólico e hidroeléctrico de gran escala).

No obstante, el actual ritmo de implantación de minicentrales de energía hidroeléctrica, no será competente para cumplir los objetivos planteados para dicha energía renovable, debido principalmente, a que los procedimientos administrativos de concesión del uso de las aguas son muy lentos. Muchos proyectos en distintos países están pendientes de aprobación por parte de las autoridades debido a aparentes problemas con el medio ambiente. Además, algunas agencias medioambientales justifican este bloqueo por la pequeña capacidad de las centrales.

Esto choca con los objetivos de fomento de las energías renovables, y más aún, si se tiene en cuenta que en todo este tiempo la energía minihidráulica y la eólica son las que más han aportado en la producción de electricidad renovable. Esto puede ser debido, como se ha mencionado, a que las minicentrales se aprueban a un nivel administrativo más lento que una central térmica o nuclear debido a la mayor relevancia en términos económicos, políticos y sociales de las últimas y, por lo tanto, la influencia de grupos de presión como asociaciones ecologistas o locales sea mayor a la hora de autorizar proyectos de minicentrales hidráulicas.

Esto no quiere decir que las minicentrales no produzcan impactos medioambientales importantes y, aunque estos sean menores que en otras energías, si no se identifican y se adoptan medidas específicas para cada uno de ellos, no se podrán prevenir de forma adecuada. Es muy importante, por tanto, mantener un contacto continuo con las autoridades medioambientales, para encontrar una solución eficaz a cada impacto que se detecte y, aunque se debe considerar cada proyecto individualmente, sería adecuado dictar ciertas pautas para que el proyecto incluya medidas que sean aceptadas fácilmente por las autoridades.



4. POSIBLES IMPACTOS DE LAS MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS.

A pesar de no tener un gran impacto medioambiental en cuanto a emisiones, contaminación y residuos, las minicentrales hidroeléctricas suponen un impacto que depende fundamentalmente de la localización de la central y de los medios tecnológicos que se empleen. Es importante distinguir, por ejemplo, entre centrales que aprovechan grandes saltos, debido a los desniveles existentes en el curso superior de los ríos en las montañas, y centrales que aprovechen grandes caudales en el curso medio e inferior de los ríos en las llanuras, así como entre la implantación de centrales de nueva construcción, a la mejora y extensión de centrales o instalaciones existentes.

A continuación, se muestra las tablas que recogen los posibles impactos que se pueden producir por la implantación de una minicentral según diferentes estudios de Impacto Ambiental. No todos los impactos estarán presentes en cada proyecto, pero es útil como referencia a la hora de identificar correctamente los impactos:

Tabla 1: Posibles impactos derivados de la Generación de Electricidad

GENERACIÓN DE LA ELECTRICIDAD			
Actividad	Afectados	Impacto	Prioridad
<i>Etapa de Construcción</i>			
Construcción de carreteras y tráfico	Público General	Ruido	Baja
		Accidentes	Baja
		Emisiones	Baja
	Animales	Molestias del ruido	Media
		Colisiones	Media
	Bosque	Mejores accesos	Media
		Pérdida de producción futura	Media
Accidentes	Trabajadores	Lesiones leves	Media
		Lesiones graves	Alta
		Muerte	Alta
Puestos de trabajo	Público general	Localmente	Alta
		Nacionalmente	Media



<i>Etapa de Operación</i>			
Alteración del caudal	Peces	Pérdida de hábitat	Alta
	Plantas	Pérdida de hábitat	Media
	Aves	Pérdida de hábitat	Media
	Animales	Pérdida de hábitat	Media
	Calidad el agua	Dilución de contaminantes	Baja
	Público general	Pérdida de saltos de agua	Alta
		Pérdidas de actividades de ocio	Media
Efectos estéticos		Media	
Ruido excesivo	Trabajadores	Efectos en la salud	Media
	Público general	Efectos en la salud	Media
Presas	Agricultura	Pérdida de terreno de cultivo	Alta
	Silvicultura	Pérdida de producción futura	Alta
Ecosistema acuático	Público general	Cambio de vivienda	Alta
		Cambio climático local	Despreciable
		Cambio climático global por metano	No probado
	Calidad del agua	Eutrofización	Baja
	Elementos culturales y arqueológicos	Pérdida de objetos	Alta

Tabla 2: Posibles impactos derivados de la Transmisión de Electricidad

TRANSMISIÓN DE LA ELECTRICIDAD			
Actividad	Afectados	Impacto	Prioridad
<i>Etapa de Construcción</i>			
Accidentes	Trabajadores	Lesiones leves	Media
		Lesiones graves	Alta
		Muerte	Alta
Puestos de trabajo y beneficios	Público general	Localmente	Alta
		Nacionalmente	Media



<i>Etapa de Operación</i>			
Presencia física	Silvicultura	Ruido	Baja
	Público General	Accidentes	Media
	Aves	Emisiones	Media
Campos Electromagnéticos	Público general	No existe	No existe
Accidentes	Público general	Lesiones graves	Despreciable
		Muerte	Despreciable
Accidentes en el mantenimiento de la líneas	Trabajadores	Lesiones leves	Despreciable
		Lesiones graves	Despreciable
		Muerte	Despreciable
Puestos de trabajo	Público general	Localmente	Alta
		Nacionalmente	Media

5. IMPACTOS DE LA MINICENTRAL PROYECTADA

Apoyándonos en el esquema general descrito, de los posibles impactos medioambientales de una central, se comentarán a continuación los impactos que se han identificado en este proyecto de minicentral y algunas medidas que se podrían tomar para mitigarlos o eliminarlos. Se dividirán dichos impactos en tres grupos: impactos durante la construcción de la central, impactos durante el funcionamiento de la central e impactos producidos por las líneas de transmisión.

5.1. Impactos durante la construcción de la central

Los impactos durante la fase de construcción dependen en gran medida del tipo de central de que se trate. Una central a pie de presa, de agua fluyente y una construida en un canal de riego provocan impactos muy diferentes, tanto cualitativa como cuantitativamente. El menor impacto ambiental al construir este tipo de instalaciones, se da cuando se emplea un embalse ya construido, un canal de riego o una instalación de agua potable, ya que, únicamente hay que construir la casa de máquinas y canales de derivación y salida, cuyos impactos son mucho más reducidos que los que genera la construcción de la presa o el canal.



Uno de los objetivos de este proyecto era aprovechar el azud ya construido para así minimizar los impactos de la construcción de la misma, ya que, como se ha mencionado, una obra civil de gran envergadura, como una presa, genera múltiples impactos. Debido a esto, los impactos durante la fase de construcción se reducen a los producidos por la construcción de la casa de máquinas y de los canales de derivación y de salida. Aun así, se recoge en este estudio también los impactos y medidas que deberían tomarse al construir la presa y comprobar su eficiencia.

5.2.1. Construcción de un embalse

En el presente proyecto no existirá impacto asociado a este hecho, ya que se trata de una pequeña central de canal fluyente que no requiere embalse, en la que se aprovecha el azud existente, pero se recogen también los efectos a tener en cuenta, para aplicar en el caso que de que sea necesario.

Entre los impactos que crea la construcción de un embalse, los más destacables son la pérdida del suelo por el terreno que queda inundado, la construcción de nuevos caminos, plataformas de trabajo, movimiento de tierras o la fabricación de hormigón, que requeriría una cantera de áridos. La nueva presa crea una barrera cuyas consecuencias deberán ser estudiadas antes de su construcción.

5.2.2. Obra civil adicional

En cuanto a los impactos que se generarán durante la construcción de la obra civil necesaria, podemos destacar la construcción de accesos, además del tráfico, que perturbarán a la flora y fauna de la zona al aumentar las emisiones de los vehículos y el nivel de ruido. Por todo ello, se deberá optimizar la planificación del tráfico de maquinaria para eliminar movimientos innecesarios. Así mismo, se deberá realizar un plan de prevención de riesgos laborales para evitar que los trabajadores sufran accidentes mientras dure la obra.

Cabe destacar, como impacto positivo, la subcontratación de mano de obra y subcontratas locales con el consiguiente beneficio socioeconómico para la comarca.

Es recomendable realizar las obras en épocas de escasez de lluvias debido al posible aumento de la turbidez de las aguas. Esto supone una ventaja, pues será entonces cuando menos posibilidades de explotar el recurso haya.



Una vez concluida la fase de construcción, deberá hacerse una reforestación en el terreno tan pronto como sea posible para intentar devolver a la zona su aspecto original, planificando, por ejemplo, una revegetación de los accesos construidos con especies autóctonas, que se adaptarán fácilmente a las condiciones locales, y su selección y adquisición formará parte de las fases del proyecto.

5.2. Impactos durante el funcionamiento de la central

Los impactos en la fase de explotación son los más críticos, dado que a diferencia de los que se encuentran en la fase de construcción, estos perduran en el tiempo.

5.2.1 Impactos sonoros

La principal fuente de ruidos de una central minihidráulica viene por el ruido de la turbina y el multiplicador o reductor, en caso de que exista. Deberá optimizarse el funcionamiento de la turbina para evitar las vibraciones que se producen, especialmente en las Francis cuando funcionan a baja carga. También se recomienda instalar elementos de aislamiento acústico en la carcasa de la turbina y los conductos de alta rigidez para evitar resonancia y dichas vibraciones.

Para reducir los efectos del ruido, se emplean tolerancias pequeñas para los engranajes y elementos de transmisión, mantas aislantes y la posibilidad de una refrigeración por agua en lugar de por aire, especialmente en el generador. Si se refrigera por aire, se pueden limitar su velocidad por los conductos, construidos con materiales absorbentes, e instalar silenciadores en las chimeneas. Actualmente se tiende a aumentar los caudales de ventilación para disminuir la cantidad de cobre empleada en los generadores y sustituir la fundición por otros materiales menos absorbentes de vibración. Estos procedimientos aumentan las emisiones de ruido y deberían ser evitados en la medida de lo posible.

El edificio se dotará de aislantes acústicos, en paredes y techo, mediante, por ejemplo, la utilización de soportes especiales de compuestos de goma con efecto muelle, y absorbentes en los aislamientos térmicos, de forma que se minimice el ruido que sale al exterior. También se deben utilizar para este fin, puertas insonorizadas, techos flotantes y materiales como la lana de vidrio.

Es aconsejable, además, fijar un solo suministrador de estos elementos insonorizantes, ya que, de esta manera, se eliminan problemas de compatibilidad entre elementos de distinto fabricante y se asegura una correcta insonorización.



Los niveles acústicos admisibles de una central dependen de la situación de la misma en relación a la población local y a construcciones cercanas. En el caso de la central del ejemplo instalada en el río Bernesga, existen construcciones cercanas. Por lo tanto, se obliga a reducir el nivel de ruido dentro de la casa de máquinas a valores cercanos a los 70 dB con lo que se conseguirá que el ruido fuera de la misma sea imperceptible. Además, alto nivel de ruido dentro de la casa de máquinas expone a los trabajadores a lesiones. Esto se solucionará llevando a cabo las medidas descritas anteriormente en este apartado.

5.2.2. Impactos paisajísticos

Todos los diversos componentes que forman parte de una central hidráulica, casa de máquinas, aliviadero, tubería forzada, conducto de entrada, subestación y líneas de transmisión, crean un potencial impacto visual al introducir formas, líneas, colores o texturas que contrastan con el medio que la rodea, y debido a un rechazo generalizado a los cambios en el entorno, fundamentalmente señalado en las zonas montañosas o las urbanas de carácter histórico, se trata de un impacto muy trascendente en la actualidad y gran parte de los proyectos son abandonados por esta razón.

El diseño, localización y apariencia de cada uno de estos elementos, condiciona el nivel de aceptación pública de todo el conjunto. La mayoría de ellos pueden camuflarse a través del uso de vegetación o del relieve existente, pero si no es posible, una posible medida puede ser el uso de pinturas en colores y texturas que no contrasten con el entorno, para obtener elementos con superficies no reflectantes que armonicen con el paisaje. Además, la creatividad en el diseño no suele afectar al presupuesto global y pueden concluir, a menudo, en una aceptación del proyecto por todas las partes implicadas: la comunidad local, las agencias nacionales y regionales, las asociaciones ecologistas, etc.

En el caso concreto de la central de este ejemplo, se intentará insertar la casa de máquinas, el canal de entrada, el final de la tubería forzada y el canal de salida, en el paisaje de forma armoniosa. Así mismo, se soterrarán las líneas de transmisión en la medida de lo posible.



5.2.3 Impactos biológicos

Los impactos biológicos generados se deben esencialmente a la alteración del ecosistema del río y del caudal de agua que circula. En el caso de la central del presente proyecto, al tratarse de una zona anteriormente edificada, la transformación que se producirá en el ecosistema por la introducción de la central será mínima, ya que se aprovecha el azud que ya existe, y al tratarse de un aprovechamiento de caudal fluyente, no se modificará el caudal de agua circulante, todo el agua turbinado, se devolverá en las mismas condiciones. De esta forma, el impacto biológico resultante es mínimo.

Sin embargo, se pueden llevar a cabo medidas para que dicho impacto sea nulo. Estas medidas incluyen la construcción de escalas de peces (tanto en sentido ascendente como descendente) y la repoblación de las especies afectadas.

5.2.3.1. Impacto biológico en el embalse

En el caso de que se tenga que construir un embalse, se introducirá en la zona un tipo de fauna que compite con la ya existente. Se minimiza construyendo barreras para impedir que dicha fauna remonte el cauce del río.

Turbinar el agua intermitentemente provoca en ocasiones fluctuaciones del nivel del río aguas abajo. Esto se soluciona dejando que el agua siga fluyendo, aunque la central no esté turbinando.

5.2.3.2. Impacto biológico en el cauce del río

En las centrales de agua fluyente, como es el caso, existe un tramo del río que estará sometido a grandes variaciones de caudal, dependiendo de si se está turbinando o no. Este tramo es el comprendido entre la toma de agua y la central hidroeléctrica, ya que si se turbinara la totalidad del río dicho tramo quedaría completamente seco. Para evitar esto, se debe de respetar siempre el caudal ecológico, permitiendo que fluya independientemente de si la minicentral está o no trabajando.

La fauna piscícola que vive a las orillas del río en el tramo considerado es la principal perjudicada por este hecho.



CAUDAL ECOLÓGICO

Como se indicó en la memoria del presente proyecto, en el apartado 6.4.3.1. existen dos métodos para determinar el caudal permanente que debe fluir por un río:

Métodos hidrológicos:

Se basan en el análisis de los caudales históricos disponibles o en el empleo de porcentajes fijos, entre los que se encuentran los siguientes:

- Emplear un porcentaje sobre el caudal medio del río.
- Emplear la fórmula de Matthey basada en los caudales superados durante la mayoría de un año.
- Emplear el método de Tennant, que propone el uso de porcentajes que varían con la época del año.

Métodos hidrobiológicos:

Análisis de datos de campo obtenidos para cada río que consideran parámetros hidráulicos y bióticos.

- Método de análisis de hábitat.
- Método del perímetro mojado.
- Análisis incremental.
- Método de los microhábitats de Bovee y Milhous.
- Método de conservación de hábitats de Nehring.
- Métodos MDDDR y DBR.
- Método DGB.
- Método de anchura ponderada útil.

Los métodos hidrológicos son más sencillos, pero carecen de rigor científico y sus resultados pueden ser interpretados de forma arbitraria. Los métodos de simulación requieren largos periodos de estudio que únicamente valen para un río y además pueden resultar igualmente arbitrarios.

El caudal mínimo ecológico en la Unión Europea se determina normalmente por un porcentaje del caudal medio interanual.

La central de estudio respetará el caudal ecológico fijado, dado que turbinará únicamente cuando el caudal del río sobrepase dicho valor.

FAUNA PISCÍCOLA

Se deben tener en cuenta las migraciones de los peces río arriba y río abajo, que se verán interrumpidas cuando se construya un embalse, un azud o una central.

La solución más común es construir pequeños estanques sucesivos comunicados entre sí (Figura 1) a modo de “escalera”, cuyo tamaño y desnivel dependerá de las especies existentes. Cuando se trata de desniveles de pequeño tamaño, se emplean pasos con tabiques de tipo vertical, mientras que, si el desnivel es grande, deberá recurrirse a dispositivos de recogida y transporte, que capturan a los peces en un punto del río y los libran en otro.

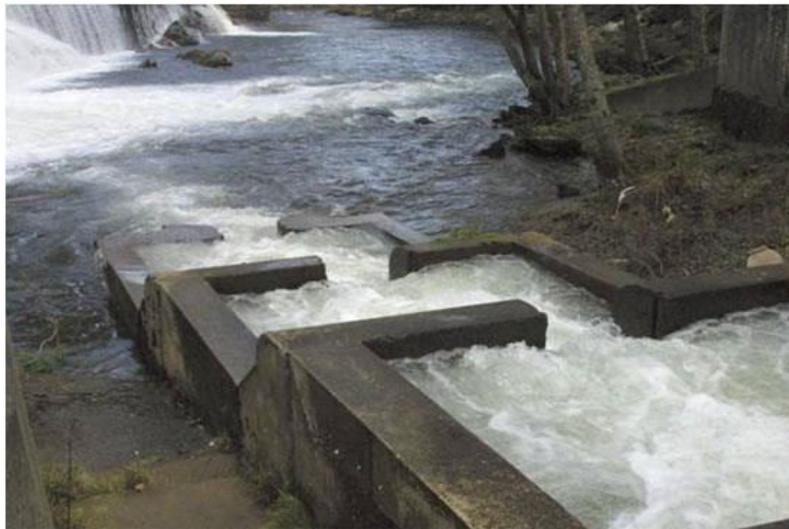


Figura 1: Escala de peces (CEDEX,2015)

Para impedir que los peces entren en el canal de salida de la turbina, se instalarán unas rejillas, y, de igual manera, mediante la instalación de rejillas y barreras adecuadas al tamaño de los peces existentes, se evita que los peces entren en el canal o toma de agua y que se vean atrapados por la fuerza del agua que va hacia la turbina.

Otra manera de que los daños sean menores, es instalar la captación en la dirección de la orilla, como es el caso de este proyecto. También, otra posible solución, es el empleo de los llamados sistemas de guía del comportamiento, que, mediante burbujas, focos de luz o sistemas acústicos consiguen que los peces desvíen su trayectoria y se alejen de la captación.



5.3. IMPACTOS ASOCIADOS A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Las líneas de transmisión de la energía eléctrica, ocasionan un impacto muy importante que debe ser mitigado o evitado al máximo. Se debe al hecho de que éstas introducen un elemento muy agresivo visualmente y a los posibles impactos sobre la salud y sobre la fauna.

Los trazados más económicos generalmente producen un gran impacto en el entorno ya que para alcanzar una mayor distancia entre el suelo y la línea, las torres se colocan en los picos de los montes, que los hace más visibles. Estas líneas de transmisión no son algo exclusivo de las minicentrales, ya que la electricidad es algo básico hoy en día, por lo que siempre se intenta optimizar el trazado de las mismas para no alterar en el paisaje.

En cuanto a los riesgos sobre la salud, desde hace unos años se ha abierto un debate sobre si los campos electromagnéticos afectan a la salud. Se ha dicho que aumentan el riesgo de padecer cáncer, concretamente leucemia infantil.

En el caso de la minicentrales, las líneas de transmisión son de 66 KV o menos, por lo que los campos electromagnéticos no son tan potentes como las líneas de transmisión de alto voltaje y los riesgos de padecer estas enfermedades son inapreciables.

Más complejo es el impacto que las líneas producen sobre la fauna, ya que existe el riesgo de que las aves se electrocuten con los cables que salen de la central. Las colisiones son más abundantes en áreas donde el borde del bosque se encuentra a 50 metros o más del tendido eléctrico.

Para evitarlo, se recomienda que, en las zonas de especial importancia para las aves, las líneas se sitúen en la base de los riscos o cerca de las pantallas de los árboles, de forma que las aves se vean obligadas a volar a una altura mayor. La única forma de eliminar por completo este fenómeno, es que se realice la instalación de las líneas de forma subterráneas. Por esta razón, debería proyectarse la línea bajo el suelo en la mayor longitud posible de su trazado.



6. CONCLUSIONES

Como se ha visto, la construcción de un proyecto de minicentral hidroeléctrica puede suponer un gran impacto perjudicial si no se toman las medidas apropiadas para que la implantación de dicho proyecto sea beneficiosa. Sin estas medidas, las ventajas medioambientales de este tipo de energía con respecto a la reducción de gases invernadero se verían compensadas negativamente por el perjuicio creado en la fauna, la flora y las personas. Es por esto por lo que los estudios de impacto ambientales de los proyectos de energías renovables han de ser minuciosos si se quiere aprovechar al máximo las oportunidades que ofrecen.

Así mismo, la identificación de los impactos y las medidas correctoras a aplicar no bastan para asegurar la viabilidad ecológica del proyecto. Para que las medidas correctoras tengan eficacia, es necesario el establecimiento de un Programa de Vigilancia Ambiental, que permita detectar los impactos residuales que puedan surgir, además de garantizar un seguimiento y control de dichas medidas.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones tratadas, se ha comprobado que la central minihidráulica del proyecto crea un impacto ambiental muy reducido. La afección al entorno no es especialmente dañina y podría minimizarse con la adopción de las pertinentes medidas correctoras tanto en fase de construcción como de explotación de la instalación. Al aprovechar el azud ya construido, se eliminan los efectos negativos que suponen una obra de estas características. El impacto sonoro es reducido al ser una central de poca potencia y estar confinada en un edificio fabricado en materiales absorbentes, y el impacto biológico se evita con la instalación de las rejillas adecuadas a la entrada y salida de los canales.

Por lo tanto, por todo lo dicho en este apartado de síntesis, y en los anteriores de este estudio, se concluye en que no existen condicionantes ambientales que supongan un impedimento para el desarrollo de la central y que se trata de una instalación ecológicamente sostenible que ayudará a reducir las emisiones de CO₂ derivadas del empleo de otras fuentes de energía.

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD



ÍNDICE

1- INTRODUCCIÓN	22
2. OBJETIVO.....	22
3. JUSTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO	22
4. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA	23
4.1. Datos de la obra	23
4.2. Servicios afectados	24
4.3. Interferencias con el tráfico.....	24
4.4. Servicios higiénicos y asistencia sanitaria.....	24
5. UNIDADES CONSTRUCTIVAS QUE COMPONEN LA OBRA	25
5.1. Trabajos preliminares	25
5.1.1. Prospecciones del lugar	25
5.1.2. Vallado perimetral de la obra y señalización provisional de la obra	25
5.1.3. Instalaciones provisionales de la obra	26
5.2. Trabajos de replanteo	26
5.3. Desbroce del terreno	27
5.4. Demoliciones	27
5.5. Movimientos de tierras.....	27
5.6. Trabajos con tubos, conducciones, dispositivos de apertura cierre y regulación, compuertas y asimilables.	28
5.7. Rellenos.....	28
5.8. Encofrados y moldes.....	28
5.9. Cimentaciones	28
5.10. Estructuras	28
5.11. Impermeabilizaciones	29
5.12. Montaje de pasarelas, escaleras, barandillas y otros elementos prefabricados o conformados en taller.	29
5.13. Instalaciones eléctricas	29
5.13.1 Instalación eléctrica permanente	29
5.13.2. Instalación provisional de obra	30



5.13.3. Instalación de alumbrado	30
5.14. Instalación de fontanería	30
5.15. Carpintería y vidriería.....	31
5.16. Trabajos de albañilería y otros.....	31
5.17. Pavimentaciones.....	31
5.18. Escollera	31
5.19. Recuperación ambiental, remates, acabados y reposición de accesos.....	31
6. MAQUINARIA, MEDIOS AUXILIARES Y HERRAMIENTAS DE MANO.	32
7. ANÁLISIS DE RIESGOS LABORALES Y MEDIDAS PREVENTIVAS.....	33
7.1. Riesgos indirectos producto de omisiones de la empresa y medidas preventivas.	33
7.2. Riesgos generados en el exterior y medidas preventivas.....	35
7.2.1. Climatología	35
7.2.2. Servicios afectados.....	36
7.2.3. Tráfico	40
7.3. Riesgos y medidas preventivas en función de los trabajos a realizar.....	41
7.3.1. Trabajos preliminares	41
7.3.2. Trabajos de replanteo.....	43
7.3.3. Desbroce del terreno	44
7.3.4. Demoliciones	45
7.3.5. Movimiento de tierras	48
7.3.6. Trabajos con tubos, conducciones, dispositivos de apertura, cierre y regulación, compuertas y asimilables.	52
7.3.7. Trabajos con rellenos.....	53
7.3.8. Trabajos con encofrados y moldes	55
7.3.9. Trabajos con ferralla	57
7.3.10. Trabajos con hormigón	58
7.3.11. Trabajos de soldadura	61
7.3.12. Riesgos en la ejecución de estructuras.....	64
7.3.13. Trabajos de impermeabilización.....	66



7.3.14. Montaje de pasarelas y escaleras, barandillas y elementos prefabricados o conformados en taller.	67
7.3.15. Instalaciones eléctricas. Medida y Normas de Seguridad.	69
7.3.16. Instalación de fontanería y saneamiento	73
7.3.17. Montaje de vidrio estructural, carpintería exterior e interior	75
7.3.18. Montaje de vidriería	75
7.3.19. Trabajos de albañilería.....	76
7.3.20. Trabajos con pinturas, disolventes, barnices y otras imprimaciones	77
7.3.21. Recuperación ambiental, acabados y reposiciones de accesos.....	78



1- INTRODUCCIÓN

El real Decreto 1627/97 de 24 de octubre, impone la obligación de incluir un Estudio de Seguridad y Salud en proyectos de construcción. En este documento se elabora el pertinente para los proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas, aplicándolo en particular para el modelo de ejemplo del proyecto.

2. OBJETIVO

Este documento recoge el estudio de Seguridad y Salud que establece, durante la construcción de la obra, las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores. Contiene las notas para la planificación de la acción preventiva, basada en el análisis, estudio y aplicación de lo dispuesto en el artículo 5 del RD 1627/97, de 24 de octubre, por el que, como se ha indicado, se establecen Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

Según el artículo 7 del citado real Decreto, el objeto del Estudio de Seguridad y Salud es servir de base para que el contratista elabore el correspondiente Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en este documento, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

3. JUSTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO

Según el Artículo 4 del Real Decreto 1627/97 de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción, se indica la obligatoriedad, por parte del promotor, de la elaboración de un Estudio de Seguridad y Salud en la fase de redacción de los Proyectos, siempre que se cumpla alguno de los siguientes supuestos:

- Que el Presupuesto de ejecución por contrata sea igual o superior a 450.759,08 € (cifra citada en el R.D. 1627/1997).
- Que la duración estimada de los trabajos sea superior a 30 días laborales, empleándose en algún momento más de 20 trabajadores simultáneamente.



- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo como tal la suma de los días de trabajo total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500 jornadas.
- Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

En el presente proyecto, el presupuesto supera dicha cantidad y aunque la duración de los trabajos supera 30 días laborables, en principio se ha estimado un número máximo de personal, trabajando simultáneamente en la obra, inferior a 20 trabajadores. No obstante, durante el transcurso de los trabajos pueden surgir situaciones no previstas en proyecto que nos sitúen dentro de esta limitación, por lo que no debe quedar excluida. Además, la estimación de jornadas necesarias para la realización del trabajo es superior a las 500. Por todo esto, se requiere la elaboración del Estudio de Seguridad y Salud que nos ocupa.

Igualmente, de acuerdo con el artículo 3 del R.D. 1627/1997, si en la obra interviene más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o más de un trabajador autónomo, el Promotor deberá designar un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Esta designación deberá ser objeto de un contrato expreso.

4. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

4.1. Datos de la obra

El proyecto de ejemplo se realiza en el barrio de Eras de Renueva en la ciudad de León, en el margen izquierdo del río. Se realizará en un plazo de ejecución de unos 20 meses aproximadamente con un presupuesto de 830.404,10 €.

A continuación, se indican las principales características y condicionantes de este estudio en referencia al emplazamiento donde se realizará la obra:

- Accesos a la obra: Complejo para los camiones y maquinaria, por tener que bajar al lecho, pero lo facilita el estar junto al paseo del río.
- Topografía del terreno: Terreno difícil ya que se trata del lecho de un río.
- Edificaciones colindantes: No hay edificios próximos.
- Suministro de energía eléctrica: Existe
- Suministro de agua: Existe
- Sistema de saneamiento: Alcantarillado municipal
- Servidumbres y condicionantes: No existen



4.2. Servicios afectados

Antes del comienzo de las obras, se procederá a estudiar, localizar y reponer los servicios afectados. Para ello se seguirán las indicaciones que al respecto den las compañías propietarias de cada servicio.

Durante la ejecución de las obras se investigará la existencia de posibles servicios afectados que no hayan sido detectados en las previsiones contempladas en el Proyecto, para tomar las medidas precisas en la orden a la debida seguridad de los trabajos y al desvío de los mismos, necesarios para las obras.

A priori no se prevé afectar a ningún servicio, salvo la afección sobre la red eléctrica por la instalación del transformador y la línea de interconexión con la línea actual.

En todo caso, en función de lo establecido en el Proyecto y de las posibles modificaciones que pudieran surgir en la ejecución de las obras, se estudiará con suficiente antelación los servicios afectados, las medidas y actuaciones a seguir.

4.3. Interferencias con el tráfico

Las interferencias con el tráfico son mínimas, quedando reducidas a las derivadas del acceso a la zona de trabajo, en el barrio de Eras de Renueva es especial en la Avenida de los Peregrinos de León, de camiones y maquinaria a emplear en la obra.

Para la minimización de los problemas creados por el acceso a las obras se procederá a la señalización, balizamiento y regulación del tráfico para evitar accidentes, colisiones, choques, atropellos, etc.

En ambos casos las medidas incluirán personal dedicado al control de tráfico y se le dotará de los medios necesarios para realizar su labor en las adecuadas condiciones de seguridad (señalización manual, vallas de obra, conos, piquetas, chalecos reflectantes, botas, ropa de trabajo, chubasqueros, etc.).

4.4. Servicios higiénicos y asistencia sanitaria

De acuerdo con el apartado 15 del Anexo 4 del R.D. 1627/97, la obra dispondrá de los servicios higiénicos necesarios, siendo: Vestuarios con asientos y taquillas individuales, provista de llave, lavabos, duchas con agua fría y caliente y retretes.



De acuerdo con el apartado A 3 del Anexo VI del R.D. 486/97, la obra dispondrá del material de primeros auxilios que se indica a continuación, en la que se incluye además la identificación y las distancias a los centros de asistencia sanitaria más cercanos:

- Primeros auxilios: Se dispondrá de un botiquín portátil en la obra
- Asistencia primaria (Urgencias): Centro de salud de “ERAS DE RENUOVA” a 1km aproximadamente.
- Asistencia especializad (Hospital): Hospital de León, a 4km aproximadamente.

5. UNIDADES CONSTRUCTIVAS QUE COMPONEN LA OBRA

Seguidamente se describen brevemente las fases generales de las que consta la obra a la que se refiere el presente Estudio de Seguridad y Salud:

5.1. Trabajos preliminares

Antes de proceder a ejecutar la primera unidad de obra, es necesario realizar los siguientes trabajos e instalaciones:

5.1.1. Prospecciones del lugar

Antes de iniciar los trabajos, el promotor y los contratistas han de informarse de los posibles servicios afectados por la obra como son las conducciones eléctricas aéreas o subterráneas, conducciones de teléfono aéreas o subterráneas y las conducciones de agua y alcantarillado.

Tal información servirá para adoptar medidas de control para evitar riesgos como los de incendio, explosión, electrocución, inundaciones y derrumbamientos, que se describen más adelante.

5.1.2. Vallado perimetral de la obra y señalización provisional de la obra



Las vallas de protección deben ser resistentes, de al menos 2 m de altura, dotadas de señalización nocturna y deberán impedir el acceso a la obra de personal y vehículos ajenos a ésta. La entrada a la zona de trabajo, así como los accesos a la obra quedarán señalizados.

La señalización responderá a lo establecido mediante la pertinente señalización de obligación, advertencia y peligro, con el formato y características estipuladas en el R.D. 486/1997 y con la adecuada señalización de obra, según la Norma 8.3-IC de señalización de obra.

Los accesos estarán señalizados con la advertencia de: “ZONA DE OBRAS” “PROHIBIDO EL PASO A PERSONAS NO AUTORIZADAS A LA OBRA”. “OBLIGATORIO USO DE CASCO”. En las intersecciones: “CEDA EL PASO”. En la confluencia de accesos con las vías públicas se colocarán señales de “STOP” u de “OTROS PELIGROS” con rótulo “SALIDA DE CAMIONES”.

Existe la posibilidad de señalar las obras mediante personal encargado de indicar a los automovilistas la existencia de las mismas.

Se comprobará periódicamente el estado de la señalización, reponiéndola en caso de haber desaparecido y retirándola cuando no sea necesaria.

Cuando se afecte a vías públicas, se solicitará, con suficiente antelación, la autorización pertinente a los Organismos propietarios, adoptando las medidas que a tal efecto prescriban sometiendo a su aprobación la señalización que se adopte, según Plano y Croquis que se adjunten, antes de proceder a la ejecución de la misma.

5.1.3. Instalaciones provisionales de la obra

En la obra de construcción, existirán instalaciones provisionales, como la caseta de obra, las instalaciones de higiene y bienestar y la instalación eléctrica de obra, que se montarán al comienzo de los trabajos y permanecerán durante su desarrollo.

5.2. Trabajos de replanteo

Se efectuarán los trabajos de replanteo necesarios previamente al inicio de los trabajos y durante el transcurso de los mismos.



5.3. Desbroce del terreno

Previo al desbroce, en casos que así lo requieran, una brigada con tractor troceará con motosierras, hachas, etc., los árboles de gran tamaño afectados por las obras. El desbroce de la zona de matorral y las excavaciones se acometerán con tractor de orugas, pala cargadora y camiones.

La tierra vegetal necesaria para el revestimiento de los taludes y las medianas se acopiará, mientras que el material sobrante se trasladará a vertedero. La tierra de las excavaciones que sea apta se destinará a compensación de tierras, y el resto a vertedero. Dicho transporte se hará con camiones volquete.

Además de lo indicado anteriormente, se considera incluido en la unidad, la retirada de escombros o rellenos artificiales en su totalidad sea cual sea su espesor, y transporte a vertedero.

5.4. Demoliciones

Consisten en el derribo de todas las construcciones que obstaculicen la obra o que sea necesario hacer desaparecer por exigencias de las nuevas obras o bien por terminada la ejecución de éstas.

En el proyecto se procede a la demolición del estribo del azud, donde se instalará el canal de toma de la central.

5.5. Movimientos de tierras

El movimiento de tierras comprende los trabajos de desmonte y terraplenado, incluyendo la extensión y compactación de suelos procedentes de las excavaciones o préstamos. Así como las excavaciones y vaciados para preparación de explanaciones y cimentaciones, y la excavación de zanjas y pozos.

Se realizan las zanjas para las cimentaciones de las pantallas del canal y edificio que albergará los equipos electromecánicos.



5.6. Trabajos con tubos, conducciones, dispositivos de apertura cierre y regulación, compuertas y asimilables.

Consistentes en la preparación del terreno con tractor, cargadora o retroexcavadora; hormigón de limpieza; preparación del asiento de los tubos; colocación de tubos con grúa móvil; refuerzo de hormigón y terraplenado del abrigo.

Se contemplan en esta unidad todos aquellos trabajos con conducciones y canalizaciones, el montaje de todos los elementos de apertura y cierre como válvulas, compuertas y cualquier otro dispositivo asimilable previsto en el Proyecto.

5.7. Rellenos

Consisten en la extensión y compactación de materiales drenantes en el trasdós de los muros, en zanjas o en cualquier otra zona donde así se haya proyectado.

5.8. Encofrados y moldes

En esta unidad de obra se incluyen los trabajos de encofrado destinados al moldeo "in situ" de hormigones y morteros de todos los elementos de hormigón armado o masa a ejecutar en obra, empleándose encofrados rectos y curvos.

5.9. Cimentaciones

Se ejecutarán los trabajos de encofrado, montaje de ferralla y hormigonado de cimentaciones de las pantallas perimetrales, de las estructuras proyectadas, atendiendo a las especificaciones del Proyecto.

5.10. Estructuras

Quedan englobadas las estructuras de hormigón, con sus elementos constituyentes: pilares, vigas, viguetas, forjados y cubiertas (sobre cerchas metálicas mediante panel de chapa), la estructura metálica del edificio, la estructura mixta metálica-hormigón, la marquesina de entrada de la edificación, en la edificación y en el cerramiento de la edificación.



5.11. Impermeabilizaciones

Consiste en la impermeabilización de muros en contacto con tierra, se utilizará, según casos, una doble imprimación a base de emulsión bituminosa o distribución y montaje de tela asfáltica.

5.12. Montaje de pasarelas, escaleras, barandillas y otros elementos prefabricados o conformados en taller.

Esta unidad de obra incluye el replanteo de la ubicación de piezas, el suministro de las piezas y los perfiles, incluyendo todos los tratamientos de protección, así como todos los elementos auxiliares, su almacenamiento y conservación hasta el momento de su colocación, la instalación, propiamente dicha, incluyendo los elementos de sujeción, anclaje o soldadura. La limpieza y retirada de todos los elementos auxiliares y restos de obra y el pintado.

Se contemplan también, la carga, descarga y montaje de todos los elementos prefabricados de hormigón a instalar en la obra.

5.13. Instalaciones eléctricas

5.13.1 Instalación eléctrica permanente

Ejecución de acometidas y entronques a la red, tanto para el suministro eléctrico a la propia obra como de las previstas en el Proyecto. Actuación sobre las líneas aéreas y subterráneas, en función de la afección de las obras.

Montaje de la turbina, transformador y celdas de transformación.

La instalación eléctrica de la edificación se ejecutará según proyecto específico, de acuerdo con lo expresado en los planos, y se ajustará en todos sus detalles a la Reglamentación Vigente, así como a las Normas de la Compañía Suministradora.

Todas las tomas de corriente llevarán protección a tierra.

Las canalizaciones de los circuitos irán bajo tubo de plástico rizado con posibilidad de registro, respetándose las distancias mínimas a canalizaciones de agua y conducciones de telefonía y antenas.



5.13.2. Instalación provisional de obra

Se realizarán los trabajos necesarios para la instalación eléctrica provisional de obra y de disposición, montaje y reparación de equipos eléctricos: grupos electrógenos y herramientas eléctricas.

Será preciso disponer de una instalación eléctrica provisional de obra para dar servicio a los distintos equipos y herramientas eléctricas empleados en los trabajos, así como el resto de instalaciones eléctricas con carácter provisional: caseta de obra e instalaciones de higiene y bienestar.

La instalación eléctrica dispondrá de cuadros de intemperie debidamente ubicados, interruptores diferenciales de 30 mA de sensibilidad para alumbrado y 300 mA para fuerza, puesta a tierra, bases de enchufe y clavijas de intemperie, cables y mangueras ordenados y fuera de la zona de tránsito.

Así mismo los grupos generadores que se empleen, dispondrán de toma de puesta a tierra en prevención de posibles contactos eléctricos indirectos al entrar en tensión carcasas o partes no activas del equipo, de dispositivo de parada o corte manual y en lugar claramente visible, señalización de peligro por riesgo eléctrico.

5.13.3. Instalación de alumbrado

Como caso excepcional, puede necesitarse en la obra instalación de alumbrado si es necesario continuar con los trabajos de obra durante períodos sin luz natural.

5.14. Instalación de fontanería

La instalación de fontanería comprende el conjunto de tuberías de agua fría y caliente y de llaves de paso a la entrada de todos los lugares húmedos al objeto de independizar la instalación. El tendido de las conducciones de agua fría y caliente deberá realizarse según prescribe la Normativa Vigente (Orden 9-XII-1975) y se tendrá en cuenta la separación mínima entre ambas conducciones, fijado en 4 cm, quedando siempre la conducción de agua fría más baja que la de agua caliente. La separación de protección entre canalizaciones de fontanería y cualquier conducción o cuadro eléctrico no deberá ser inferior a 30 cm.



5.15. Carpintería y vidriería

Es el montaje de carpintería tanto exterior como interior, incluyendo el montaje de vidrio estructural en la fachada principal del edificio. Se atenderá a las especificaciones del proyecto y se seguirán, además de las especificadas en el presente Estudio, todas las instrucciones de la empresa encargada de la ejecución de los trabajos, tomándose las medidas necesarias para la eliminación de los riesgos más comunes.

5.16. Trabajos de albañilería y otros

Esta unidad engloba los trabajos de albañilería propiamente dicha, realización del muro cortina de vidrio compuesto, guarnecidos, enfoscados, solados, alicatados, montaje de falso techo y trabajos de pintura e imprimación y todos los trabajos concernientes a acabados y remates de interior.

5.17. Pavimentaciones

Formación de pavimento de aceras, de calzadas o aparcamientos con elementos prefabricados de hormigón, bordillos, etc. Pavimentación y reconstrucción de los tramos de accesos, cruces con conducciones, según las afecciones derivadas de las obras.

5.18. Escollera

Colocación y acondicionamiento de la escollera de protección en las márgenes del río Bernesga si fuese necesaria su instalación.

5.19. Recuperación ambiental, remates, acabados y reposición de accesos.

Se incluyen en esta unidad los trabajos de plantación y reforestación de las zonas afectadas por las obras, para lo que se tendrán en cuenta todas aquellas medidas recogidas en el correspondiente Memoria de Actividad Clasificada. Los trabajos de acabados, remates, reposición y recuperación de caminos y accesos a las zonas de trabajo.



6. MAQUINARIA, MEDIOS AUXILIARES Y HERRAMIENTAS DE MANO.

Se prevé que en las distintas unidades de obra señaladas intervendrá y empleará la siguiente maquinaria y medios auxiliares:

MAQUINARIA

Retroexcavadora, Pala cargadora, Bulldozer, Excavadora mixta (retro y pala, Dumper, Camión cisterna, Camión hormigonera, Camión bomba de hormigón, Compactador neumático, Camión grúa, Compresor, Hormigonera eléctrica, Grupos generadores, Mesa de sierra circular, Martillo neumático, Cortadoras y dobladoras de ferralla, Vibrador de aguja, Radial, Equipo de soldadura de arco eléctrico, Equipo de soldadura por oxicorte.

MEDIOS AUXILIARES

Andamios colgados móviles: Deben someterse a una prueba de carga previa y tienen que tener una correcta colocación de los pestillos de seguridad de los ganchos. Los pescantes serán preferiblemente metálicos. Los cabrestantes se revisarán trimestralmente. Correcta disposición de barandilla de seguridad, barra intermedia y rodapié. Obligatoriedad permanente del uso de cinturón de seguridad.

Andamios tubulares apoyados: Deberán montarse bajo la supervisión de persona competente. Se apoyarán sobre una base sólida y preparada adecuadamente. Se dispondrán anclajes adecuados a las fachadas. Las cruces de San Andrés se colocarán por ambos lados. Correcta disposición de las plataformas de trabajo y de los accesos a los distintos niveles de trabajo. Uso de cinturón de seguridad de sujeción, Clase A, Tipo I, durante el montaje y el desmontaje.

Escaleras de mano: Zapatas antideslizantes. Deben de sobrepasar en 1 metro la altura a salvar y no sobrepasar los 3,5 metros, Separación de la pared en la base igual a un cuarto de la altura total.

HERRAMIENTAS DE MANO

Nivel, regla, escuadra, plomada, Pico, pala, azada, tenazas, martillos, alicates, Sierra de arco y serrucho, brochas, pletinas, rodillos



7. ANÁLISIS DE RIESGOS LABORALES Y MEDIDAS PREVENTIVAS

7.1. Riesgos indirectos producto de omisiones de la empresa y medidas preventivas.

Se enumera a continuación una relación de actuaciones de la empresa, cuya omisión genera riesgos indirectos.

-Notificación a la Autoridad Laboral de la apertura del Centro de Trabajo acompañada del Plan de Seguridad y Salud, debidamente aprobado (Art. 19, R.D.1627/97) y en su caso, de la reanudación o continuación de los trabajos después de efectuarse alteraciones o ampliaciones de importancia.

-Existencia en obra del Plan de Seguridad y Salud (Art. 7, R.D.162/97).

-Existencia del Libro de Incidencias en el centro de trabajo, y en poder del Coordinador o de la Dirección Facultativa. (Art. 13, R.D.162/97).

-Existencia en obra de un Coordinador durante la ejecución nombrado por el Promotor cuando en su ejecución intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos. (Art. 3.2, R.D.162/97).

-Aplicación de manera coherente por parte del empresario de los principios de la acción preventiva. (Art. 15, Ley31/1995).

-Planificación, organización y control de la actividad preventiva, integrados en la planificación, organización y control de la propia obra (Art. 1 y 2, RD.39/1997), incluidos los procesos técnicos y línea jerárquica de la empresa con compromiso de prevención en todos sus niveles, creando un conjunto coherente que integre la técnica, la organización del trabajo y las condiciones en que se efectúe el mismo. Las relaciones sociales y factores ambientales (Art. 15.g, Ley 31/95 y Art. 16, Ley 31/95).

-Disposición de equipos de trabajo y medios de protección (Art. 17, Ley31/95).

-Información, consulta y participación de los trabajadores (Art. 18, Ley31/95).

-Formación en prevención en todos los niveles jerárquicos. (Art. 19, Ley31/95).

-Creación del Comité de Seguridad y Salud cuando la plantilla supere los 50 trabajadores (Art. 38, Ley 31/95).



-Crear o contratar los Servicios de Prevención. (Cap. IV Ley 31/95 y Cap. III, R.D.39/1997)

-Contratar auditoría o evaluación externa a fin de someter a la misma el servicio de prevención de la empresa que no hubiera concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada (Cap. V, R.D.39/97).

-Consulta y participación de los trabajadores en la Prevención. (Cap. V, Ley31/95).

-Creación y apertura del Archivo Documental, creación del control de bajas laborales, y poseer relación de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una inactividad laboral superior a un día de trabajo (Art. 23, Ley31/95).

-Creación y mantenimiento, tanto humano como material, de los servicios de primeros auxilios, lucha contra incendios y evaluación de los trabajadores en caso de emergencia, comprobando periódicamente su correcto funcionamiento (Art. 20, Ley31/95), estos servicios pueden ser contratados externamente.

-Organizar los reconocimientos médicos iniciales y periódicos, caso de ser necesarios éstos últimos. (Art. 22, Ley 31/95).

-Adoptar las medidas necesarias para eliminar los riesgos inducidos o generados por el entorno o proximidad de la Obra (Art. 10.j, R.D.162/97; Art. 15.g, Ley31/95).

-Crear o poseer en obra:

Cartel con los datos de Aviso Previo (Anexo III, R.D.1627/97)

Cerramiento perimetral de obra, siempre y cuando las características de la misma lo permitan.

Entradas independientes de personal y vehículos.

Señales de seguridad (prohibición, obligación, advertencia y salvamento)

Listado con direcciones y teléfonos de Hospitales o Centros asistenciales concertados, indicando claramente el más cercano, así como los teléfonos de ambulancias, Bomberos., Policía, Guardia Civil, Juzgado de Guardia, etc.

Extintores.

Aseos, vestuarios, botiquines, comedor, taquillas, agua potable o accesos a los mismos.

Estudio geológico y geotécnico del terreno a excavar, así como desmonte o zanja si superan los 1.5 m.



Documentación de las empresas de agua, gas, electricidad, teléfonos y saneamiento sobre existencia o no de líneas eléctricas, acometidas o redes, así como su profundidad y medida, tamaño nivel, tensión, etc.

Espacios destinados a acopios y delimitar los dedicados a productos peligrosos, ambos perfectamente vallados y señalizados.

Informes de los fabricantes, importadores o suministradores de las máquinas, equipos, productos, materias primas, útiles de trabajo, (Art. 41, Ley 31/95). Deberán de estar depositados en un archivo documental (Art. 23, Ley 31/95).

Como Medidas Preventivas se cumplirá lo señalado en el apartado de omisiones de la empresa que generan riesgos indirectos.

Todas estas indicaciones son exigibles a la empresa según la legislación vigente en España.

7.2. Riesgos generados en el exterior y medidas preventivas

7.2.1. Climatología

ANÁLISIS DE RIESGOS

El clima se caracteriza por inviernos fríos que obligan a prever las medidas oportunas para hacer frente a sus rigores en cuanto a ropa de trabajo, superficies deslizantes, congelación y sobrecargas de nieve

En verano, debido a las altas temperaturas, se debe tener en cuenta la deshidratación, estrés térmico e insolación.

MEDIDAS PREVENTIVAS.

Paralización de tajos a temperaturas inferiores a 0°C.

Utilización de equipos de protección personal acordes con los trabajos que se realizan. Utilización de prendas impermeables para casos de lluvia.

Utilización de ropa de trabajo adecuada y preferiblemente ajustada al cuerpo en prevención de enganches y atrapamientos.

Para trabajar en épocas estivales se garantizará el suministro de líquidos no alcohólicos, preferiblemente agua, a los trabajadores a cargo de la empresa



7.2.2. Servicios afectados

ANÁLISIS DE RIESGOS

Se prevén riesgos derivados de las operaciones de entronque a la red de saneamiento, red de abastecimiento, de alumbrado y de telefonía, así como los derivados de las tareas de excavación y apertura de zanjas o posibles interferencias de la maquinaria con tendidos aéreos o subterráneos, pudiendo provocar rotura de conducciones, y por tanto ocasionar Fugas de agua o cas, contactos eléctricos directos o indirectos, electrocuciones, incendios, colisiones y golpes.

MEDIDAS PREVENTIVAS

Para los servicios afectados e interferencias, entronques y conexiones que sean necesarias efectuar, se tendrán en cuenta las siguientes medidas de actuación:

7.2.2.1. Conducciones eléctricas aéreas

Se solicitará a la Compañía Suministradora, por escrito, proceder al descargo, el desvío o, en caso necesario, su elevación. En el caso de que no se pueda realizar lo anterior se considerarán unas distancias mínimas de seguridad, medidas entre el punto más próximo en tensión y la parte más cercana del cuerpo o herramienta del obrero o máquina, considerando siempre, la situación más desfavorable.

Los criterios que pueden aplicarse y que están recogidos en muchas publicaciones especializadas, dan como distancia mínima de seguridad, las siguientes:

En líneas de tensión inferior a 1000V, la distancia de seguridad horizontal será 3m más el 50% del ancho entre cables. La distancia de seguridad vertical será 2m más el 50% del ancho entre cables.

En líneas de tensión superior a 1000V e inferior a 66KV, la distancia de seguridad horizontal será 5m más el 50% del ancho entre cables. La distancia de seguridad vertical será 3m más el 50% del ancho entre cables.

En líneas de tensión superior a 66KV, la distancia de seguridad horizontal será 5m más el 50% del ancho entre cables. La distancia de seguridad vertical será 4m más el 50% del ancho entre cables.



La distancia de seguridad mínima es función de la línea y del alejamiento de los soportes de ésta. Cuando aumenta la temperatura los conductores se alargan y por este hecho disminuye la distancia con respecto al suelo.

7.2.2.2. Bloqueo y barreras de protección

Las máquinas de elevación deben llevar unos encorvamientos o bloqueo de tipo eléctrico o mecánico que impidan rebasar la distancia mínima de seguridad.

Para las máquinas como grúas, palas, excavadora, etc., se señalarán las zonas que no deben traspasar y para ello se interpondrán barreras que impidan todo contacto con las partes en tensión.

Estas barreras deben fijarse de forma segura y resistir los esfuerzos mecánicos usuales. El espacio vertical máximo entre los largueros y las tablas no debe sobrepasar un metro.

En lugar de colocar largueros o tablas, se pueden instalar cables de retención provistos de la señalización adecuada.

Los cables deben estar bien tensos. El espacio vertical entre los cables de retención no debe ser superior a 0.50m.

En el paso bajo líneas aéreas en tensión, la altura de paso máxima bajo las líneas eléctricas aéreas, debe estar delimitada por barreras de protección y las entradas de paso deben señalarse en los dos lados.

RECOMENDACIONES A OBSERVAR EN CASO DE ACCIDENTE:

-Caída de línea: Se debe prohibir el acceso del personal a la zona de peligro hasta que un especialista compruebe que la línea carece de tensión.

No se debe tocar a las personas en contacto con líneas eléctricas en carga. En el caso de estar seguros de que se trata de una línea de baja tensión se intentará separar al accidentado mediante elementos no conductores, sin tocarle directamente.

-Accidentes con máquinas: En el caso de contacto con las líneas eléctricas aéreas con máquinas de excavación, transportes, etc. deben observarse las siguientes normas:

El conductor maquinista (estas normas se entregarán por escrito con acuse de recibo): Conservar la calma incluso si los neumáticos comienzan a arder.



Permanecerá en su puesto de mando o en la cabina, debido a que allí está libre del riesgo de electrocución.

Intentará retirar la máquina de la zona de contacto con la línea y situarla fuera de las áreas peligrosas. Advertirá a las personas que allí se encuentren, que no deben tocar la máquina.

No descenderá de la máquina hasta que ésta no se encuentre a una distancia segura. Si lo hace antes, el conductor entra en el circuito línea-máquina- suelo y está expuesto a electrocutarse.

Si es imposible separar la máquina, y en caso de absoluta necesidad, el conductor o maquinista no descenderá utilizando los métodos habituales, sino que saltará lo más lejos posible evitando tocar ésta.

No tocar la máquina o la línea caída a tierra.

Advertir a las otras personas amenazadas para que no toquen la máquina o la línea y que no efectúen actos imprudentes.

7.2.2.3. Conducciones eléctricas subterráneas

Se solicitará, antes del comienzo de la obra, a la Dirección Facultativa y a la Compañía Propietaria de la instalación, los planos relativos al trazado, tensión, profundidad y tipo de protección (si la hubiera) de la conducción. Antes de comenzar los trabajos de líneas eléctricas enterradas se deben atender a las siguientes normas:

Gestionar (antes de comenzar a trabajar) con la compañía propietaria de la línea, la posibilidad de dejar los cables sin tensión.

En caso de duda, tratar a todos los cables subterráneos como si estuvieran en carga. No tocar o intentar alterar la posición a ningún cable.

Se procurará no tener cables descubiertos que puedan sufrir alteraciones al paso de maquinaria o vehículo, así como posibles contactos accidentales por parte del personal de obra o ajeno a la misma.

Emplear señalización indicativa de riesgo, siempre que sea posible, señalando la proximidad a la línea, su tensión y el área de seguridad.

A medida que los trabajos siguen su curso se velará porque se mantengan en perfectas condiciones de colocación la señalización anteriormente mencionada.



Informar inmediatamente a la compañía propietaria si un cable sufre daño. Se conservará la calma, avisando a todas las personas afectadas para evitar que puedan ocasionar accidentes.

7.2.2.4. Red de telefonía

Se solicitará a la Compañía Suministradora, por escrito, proceder al corte y desvío, o en caso necesario, su elevación. Si no fuera posible realizar lo anterior se considerarán unas distancias mínimas de seguridad a las líneas en función del cuerpo o herramienta del obrero o de la máquina, considerando siempre, la situación más desfavorable, colocándose pórticos o gálibos materiales que garanticen la no interferencia de la línea.

7.2.2.5. Conducciones de agua

Cuando haya que realizar trabajos sobre conducciones de agua, tanto de abastecimiento como de saneamiento, se tomarán las medidas que eviten que accidentalmente se dañen estas tuberías y se suprima el servicio, éstas son:

IDENTIFICACIÓN: En caso de no ser facilitados por la Dirección Facultativa planos de los servicios afectados, se solicitarán a los Organismos encargados a fin de poder conocer exactamente el trazado y profundidad de la conducción. Se dispondrá en lugar visible el teléfono y la dirección de estos Organismos).

SEÑALIZACIÓN: Una vez localizada la tubería, se procederá a señalarla, marcando con piquetas su dirección y profundidad.

RECOMENDACIONES EN EJECUCIÓN: Es aconsejable no realizar excavaciones con máquinas a distancias inferiores a 0.50 m de la tubería en servicio. Por debajo de esta cota se utilizará la pala normal.

Una vez descubierta la tubería, caso que la profundidad de la excavación sea superior a la situación de la conducción, se suspenderá o apuntalará a fin de que no rompa por flexión. En tramos de excesiva longitud, se protegerá y señalará convenientemente para evitar que sea dañada por la máquina, herramientas, etc.

Se instalarán sistemas de iluminación a base de balizas, hitos reflectantes, etc., cuando el caso lo requiera.

Está totalmente prohibido manipular válvulas o cualquier otro elemento de la conducción en servicio, si no es con la autorización de la Compañía Instaladora.



No almacenar ningún tipo de material sobre la conducción.

Está prohibido utilizar las conducciones como puntos de apoyo para suspender o levantar cargas.

ACTUACIONES EN CASO DE ROTURA O FUGA EN LA CANALIZACIÓN:

Comunicar inmediatamente con la Compañía Instaladora y paralizar los trabajos hasta que la conducción haya sido reparada.

Protecciones colectivas: Señalización y balizamiento de la zona de afección. Barandillas de protección. Tapas provisionales, chapones o similar. Líneas de seguridad verticales y horizontales. Topes limitadores de avance en retroceso. Pértigas de maniobra. Banquetas y alfombras aislantes.

Protecciones personales: Casco de seguridad. Botas de goma. Botas de seguridad. Botas aislantes. Guantes de cuero. Guantes aislantes. Cinturón dorsolumbar. Ropa de trabajo e impermeable.

7.2.3. Tráfico

Será necesario realizar un control del tráfico con intención de evitar que interfiera con la maquinaria y personal propio de la obra.

ANÁLISIS DE RIESGOS

Atropello a personal de la obra por vehículos ajenos a ésta. Atropello a terceros por vehículos ajenos a la obra. Colisiones entre vehículos ajenos a la obra y vehículos de la obra. Colisiones entre vehículos ajenos a la obra.

MEDIDAS PREVENTIVAS

En prevención de los riesgos generados por afección del tráfico, se dispondrá de la señalización de obra necesaria y se realizará de acuerdo con las normas de Señalización de Obras en Carreteras (Instrucción 8.3 IC).

Tipos de señales requeridas: Señal de limitación de velocidad. Zonas de obras. Peligro indefinido, en la zona de tajos abiertos. Peligro por estrechamiento. En el lado de la obra prohibido estacionar y parar. Paso alternativo, cuando sea necesario. Señalización luminosa para los periodos nocturnos. Señales de dirección de obra cuando sea necesario. Estas señales obligan también a los vehículos de la propia obra.



Todos los tajos y zonas de actuación aislados estarán perfectamente señalizados y balizados o protegidos frente al tráfico. Se dispondrá de repuesto de señales para cuando alguna se deteriore poderla reponer inmediatamente.

Será preceptivo el uso de señalización móvil de obras y balizas luminosas por la noche en los puntos donde se interfiere la circulación y en las vías de acceso a las zonas de trabajo, acopio de maquinaria, instalaciones, etc.

Se regará periódicamente las zonas susceptibles de producir polvo.

Se escogerá para manejar banderines o discos, y estar pendientes de la señalización a los operarios más espabilados y con experiencia, y se designará un responsable de la planificación, montaje y conservación, cuando y donde debe estar, y que desaparezca cuando su necesidad termine. Se ocupará de poner inmediatamente las señales que puedan haber sido derribadas o robadas. Las señales han de estar debidamente aseguradas para prevenir esto.

En cortes de tránsito, bien para paso alternativo, bien totales momentáneos, debe haber un operario en cada sentido cuando actúa como señal y estas interrupciones no deben ser superiores a 5 minutos, solo rebasables en casos excepcionales.

Si hay algún acopio de señales no colocadas próximo a la carretera se dispondrán vueltas de espalda a la misma para que no las vean los usuarios y así con puedan crear confusión.

Cuando sea inevitable dejar algún acopio o máquina en el arcén (en la calzada nunca) será por el tiempo mínimo posible y se señalizará perfectamente con señales reflectantes.

PROTECCIONES COLECTIVAS

Señalización y balizamiento: señales de obras, vallas, conos, balizas luminosas, etc.

PROTECCIONES PERSONALES

Casco de seguridad. Botas de seguridad. Ropas reflectantes.

7.3. Riesgos y medidas preventivas en función de los trabajos a realizar

7.3.1. Trabajos preliminares

ANÁLISIS DE RIESGOS



Durante las tareas de montaje de las instalaciones provisionales, colocación de señalización, reconocimiento del terreno, comprobación de servicios afectados, permisos, etc., los riesgos analizados podrán ser: Atropellos por vehículos. Caídas al mismo o distinto nivel. Aplastamientos y atrapamientos con maquinaria. Desplome de cargas izadas Pisadas sobre objetos cortantes o punzantes. Sobreesfuerzos. Proyección de partículas u objetos. Golpes o cortes con objetos, herramientas o máquinas. Atrapamientos por y entre objetos. Contactos eléctricos directos o indirectos. En cuanto a los riesgos de la instalación eléctrica provisional de obra quedan descritos en el apartado Riesgos en Instalaciones Eléctricas.

MEDIDAS PREVENTIVAS

En las tareas de prospección del lugar se utilizarán todos los dispositivos que sean necesarios para evitar los accidentes causados por inaccesibilidad y limitaciones físicas (vegetación, desniveles importantes, fuertes pendientes, etc.).

Para el montaje del vallado perimetral de la obra se empleará la maquinaria y medios auxiliares adecuados, evitando interferencias con el personal ajeno a la obra, y se emplearán cuantas protecciones colectivas o individuales sean precisas.

Las instalaciones provisionales de la obra: casetas de obra, instalaciones de higiene y bienestar e instalación eléctrica provisional de obra, quedarán ubicadas en una zona donde no se interfiera con los trabajos, de características y número tal en función de las necesidades del personal de la obra y de los equipos, útiles y herramientas a utilizar.

En el montaje, desmontaje e instalación se aplicarán las medidas y normas de seguridad siguientes:

Medidas y Normas de seguridad en el izado de cargas (descrita en el correspondiente apartado).

Son aplicables para el desmontaje de la instalación eléctrica provisional de obra las Medidas y Normas de seguridad descritas en Instalación Eléctrica en General.

Medidas y Normas de seguridad en interferencias en conducciones de agua para dar servicio a instalaciones de higiene y bienestar (conexiones con la red de abastecimiento y saneamiento). En caso de que no fuera viable el entronque a la red de saneamiento o abastecimiento se procederá a la instalación de un depósito de agua y una fosa séptica para las instalaciones higiénicas.

Los operarios que realicen tareas de replanteo han de tener experiencia en dichos trabajos, los trabajos serán dirigidos por un jefe de equipo (Ingeniero técnico topógrafo o auxiliar de topografía).



Las zonas de trabajo deberán estar acotadas y señalizadas.

En zonas boscosas o con desniveles, el jefe de equipo deberá examinar el terreno previo a la colocación de los aparatos, con el fin de no realizar replanteos en zonas escabrosas o peligrosas.

PROTECCIONES COLECTIVAS

Señalización y acotado de zonas de actuación siempre que sea posible. Líneas de vida (Horizontales y verticales).

PROTECCIONES PERSONALES

Chalecos reflectantes. Cascos de seguridad. Guantes. Botas de seguridad. Cinturón de seguridad. Traje impermeable.

7.3.2. Trabajos de replanteo

ANÁLISIS DE RIESGOS

Atropellos por vehículos de las vías de corte. Caídas al mismo o a distinto nivel. Aplastamientos y atrapamientos con maquinaria. Pisadas sobre objetos cortantes o punzantes. Proyección de partículas u objetos. Ruidos y vibraciones. Ambiente pulverígeno. Contactos eléctricos directos o indirectos. Riesgos derivados de los trabajos realizados bajo condiciones meteorológicas adversas (bajas temperaturas, vientos, lluvias, etc.).

MEDIDAS PREVENTIVAS

Los operarios que realicen dichas operaciones han de tener experiencia en dichos trabajos.

Los trabajos han de realizarse con un jefe de equipo, que normalmente se trata de un ingeniero técnico topógrafo o auxiliar de topografía.

Dicho jefe de equipo ha de tener en cuenta los riesgos a que se ve sometido todo su equipo. Las zonas de trabajo deberán estar acotadas y señalizadas.

En zonas boscosas o con desniveles, el jefe de equipo deberá examinar el terreno previo a la colocación de los aparatos, con el fin de evitar los replanteos en zonas escabrosas o peligrosas.

PROTECCIONES COLECTIVAS



Barandillas de protección y balizamiento a una distancia mínima de seguridad, en bordes de zanjas, excavaciones o bordes de taludes.

PROTECCIONES PERSONALES

Chalecos reflectantes para los componentes del equipo. Casco para uso en zonas de posibles desprendimientos. Guantes para el personal de jalonamiento y estacado. Ropa de trabajo adecuada, mono o buzo de trabajo. Traje intemperie para posibles lluvias. Botas de seguridad.

7.3.3. Desbroce del terreno

ANÁLISIS DE RIESGOS

Deslizamiento o desprendimiento de tierras o rocas en trabajos a media ladera. Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria empleada. Caídas del personal o de cosas al mismo o distinto nivel.

Problemas de circulación interna (embarramientos) debido al mal estado de las pistas de acceso a la circulación.

Contactos eléctricos directos e indirectos. Incendio. Polvo y ruido.

Atrapamientos por y entre partes móviles de la maquinaria empleada.

Riesgos derivados de los trabajos realizados bajo condiciones meteorológicas adversas (bajas temperaturas, vientos, lluvias, etc.).

Los riesgos a terceros, derivados de la intromisión descontrolada de los mismos en la obra, durante las horas de producción o de descanso.

MEDIDAS PREVENTIVAS

Son aplicables las medidas y normas de seguridad previstas para la unidad Movimiento de Tierras.

Queda prevista también la posible necesidad de tener que utilizar motosierras, en cuyo caso el personal encargado del manejo de las mismas será conocedor de su manejo y de los riesgos y normas de seguridad para su utilización.

PROTECCIONES COLECTIVAS

Barandillas de protección. Topes limitadores de avance en borde de taludes.

PROTECCIONES PERSONALES



Casco de seguridad. Gafas y pantalla protectora. Protecciones auditivas. Mascarilla antipartículas. Mono y ropa adecuada. Guantes de cuero. Calzado de seguridad. Cinturón antivibratorio.

7.3.4. Demoliciones

7.3.4.1. Demoliciones en general

ANÁLISIS DE RIESGOS

Caídas al mismo o a distinto nivel. Caídas de material desde cajas de los camiones de transporte de escombros. Proyección de objetos, procedentes de la demolición, sobre las personas. Colisiones de maquinaria y vehículos. Vuelcos de máquinas y vehículos. Electrocutación motivada por contacto con líneas eléctricas existentes en la zona y que no se hayan anulado o protegido convenientemente. Sobreesfuerzos. Ambiente pulvígeno. Ruido y vibraciones. Golpes con objetos. Atrapamientos entre objetos. Riesgos derivados del mantenimiento de la máquina utilizada para demoler. Quemaduras en el manejo de sopletes. Golpes y cortes por el manejo de materiales y herramientas manuales.

MEDIDAS PREVENTIVAS

Señalización exterior delimitando los accesos e indicando las zonas prohibidas para personal ajeno a esta unidad. Las señales serán visibles y fácilmente inteligibles, estando en lugares adecuados.

Se eliminarán los árboles ubicados al borde de taludes que deban soportar vibraciones de martillos neumáticos, en prevención de accidentes por vuelco de troncos.

El polvo producido durante la ejecución de la demolición y durante la carga, se eliminará mediante el riego con agua. Se debe cuidar en el riego la excesiva acumulación de agua para no producir humedades en las fincas colindantes o modificaciones en el suelo por cambio de humedad.

El polvo es uno de los elementos más contaminantes que se producen en la demolición, con efectos muy nocivos sobre la salud del trabajador, produciendo enfermedades de tipo alérgico y respiratorio. Cuando en la zona de trabajo se produce en exceso y no es posible su total eliminación, se utilizarán mascarillas (Normas Técnicas Reglamentarias BOE 216 de 9 de septiembre de 75).



El ruido es causado por el uso de herramientas y maquinarias en el proceso de demolición y carga. El límite de intensidad sonora que no daña el oído es de 75 decibelios y la forma de aminorar el ruido o eliminarlo es disminuir su intensidad donde se produce, con equipos adecuados insonorizados y protegiéndose el trabajador con cascos protectores. Se tendrá especial cuidado en las zonas próximas a hoteles, hospitales, viviendas y colegios.

Las vibraciones producidas en el manejo de determinadas herramientas o vehículos, así como movimientos bruscos verticales y laterales, provocan lesiones corporales fundamentalmente en la columna vertebral y aparato digestivo. La protección es mediante cinturones de protección especiales de gran altura, para comprimir y sujetar el cuerpo.

PROTECCIONES COLECTIVAS

Se dispondrá de pasos y pasarelas para facilitar el tránsito de personal. Cabinas y pórticos de seguridad.

PROTECCIONES PERSONALES

Casco de seguridad. Gafas y pantalla protectora. Protectores auditivos. Mascarilla antipartículas. Mono y ropa adecuada. Guantes. Calzado de seguridad. Cinturón antivibratorio.

7.3.4.2. Riesgos en demoliciones mediante procedimientos neumáticos

ANÁLISIS DE RIESGOS

Caída de personas y de objetos al mismo o a distinto nivel. Golpes y proyecciones. Lesiones por rotura de las barras o punteros del taladro. Los derivados de la realización de trabajos en ambientes pulverulentos o húmedos en su caso. Lesiones por rotura de mangueras. Lesiones por trabajos expuestos al ruido elevado. Lesiones internas por trabajos continuados expuestos a fuertes vibraciones. Desprendimientos de tierras o rocas. Sobreesfuerzo. Electrocuciiones. Riesgos derivados de los trabajos realizados bajo condiciones meteorológicas adversas (bajas temperaturas, vientos, lluvias, etc.).

MEDIDAS PREVENTIVAS



Señalización exterior delimitando los accesos e indicando las zonas prohibidas para el personal ajeno a esta unidad. Las señales serán bien visibles y fácilmente inteligibles, estando en lugares adecuados.

Antes de iniciar los trabajos se inspeccionará la zona por el capataz, persona autorizada, encargado o vigilante de seguridad.

Los trabajos con riesgo de caída desde la altura se ejecutarán con los trabajadores sujetos con el arnés o cinturón de seguridad sujeto a un punto firme y sólido del terreno, del medio natural o construido de ex profeso para ello.

No se realizarán otros trabajos en torno a un martillo neumático en funcionamiento a distancias inferiores a 5m para evitar riesgos innecesarios.

No se situarán trabajadores en cotas inferiores bajo un martillo neumático, en prevención de riesgos por desprendimiento.

Los empalmes y mangueras de presión de los martillos neumáticos, se revisarán al inicio de cada período de rompimiento, sustituyendo aquellos o los tramos de ellos defectuosos o deteriorados.

Se procurará que los taladros se efectúen a sotavento, en prevención de exposiciones a ambientes pulverizados.

EL personal encargado del manejo de los martillos neumáticos conocerá el perfecto funcionamiento de la herramienta, la correcta ejecución del trabajo y los riesgos propios de la máquina.

Se prohíbe dejar el puntero hincado al interrumpir el trabajo.

Se prohíbe abandonar el martillo o taladro manteniendo conectado el circuito de presión.

El personal que maneje martillos neumáticos en ambientes pulverulentos será objeto de atención especial en lo referente a las vías respiratorias en las revisiones médicas.

Antes de iniciar los trabajos se conocerá si en la zona que se utiliza el martillo neumático existen conducciones de agua, gas o electricidad enterradas con el fin de prevenir los posibles accidentes por interferencia.

En presencia de conducciones eléctricas que afloran en lugares no previstos, se paralizarán los trabajos notificándose el hecho a la Compañía Suministradora, con el fin de que proceda al corte de la corriente antes de reanudar los trabajos.

No se consentirá el uso de martillos rompedores a pie de taludes o cortes inestables.



Queda prohibido utilizar martillos rompedores dentro del radio de acción de la maquinaria para el movimiento de tierras o excavaciones.

PROTECCIONES COLECTIVAS

Se instalarán barandillas de protección a una distancia mínima de seguridad (1,50 m mínimo) de los bordes de cabeza de talud y de los bordes de excavaciones y zanjas que superen los 2 m de profundidad.

Se dispondrá de pasos y pasarelas para facilitar el tránsito de personal.

Se construirán estructuras, elementos o dispositivos sólidos (ménsulas, puntales, etc.) para el amarre de cinturones o arneses de seguridad.

Se instalará una visera protectora para aquellos trabajos que deban ejecutarse en cotas inferiores bajo un martillo neumático en funcionamiento.

PROTECCIONES PERSONALES

Casco de seguridad. Gafas y pantalla protectora. Protectores auditivos. Mascarillas antipartículas. Mono y ropa adecuada. Guantes. Calzado de seguridad. Cinturón antivibratorio.

7.3.5. Movimiento de tierras

ANÁLISIS DE RIESGOS

Deslizamiento de tierras o rocas

Desprendimientos de tierra o roca, por sobrecarga de los bordes de excavación.
Desprendimientos de tierra o roca, por no emplear el talud adecuado.

Desprendimientos de tierra o roca, por variación de la humedad del terreno.
Desprendimientos de tierra o roca, por filtraciones acuosas.

Desprendimientos de tierra o roca, por vibraciones cercanas (paso próximo de vehículos, uso de martillos rompedores, etc.)

Desprendimientos de tierra o roca, por alteraciones del terreno debidas a variaciones fuertes de temperaturas.

Desprendimientos de tierra o roca, por soportar cargas próximas al borde de la excavación (árboles con raíces al descubierto o desplomados, etc.)

Desprendimientos de tierra o roca, por fallo de las entibaciones. Desprendimientos de tierra o roca, en excavaciones bajo nivel freático.



Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimientos de tierras.

Caída de personas al mismo nivel.

Caídas de personal o de cosas a distinto nivel (desde el borde de la excavación al interior de la zanja o pozo).

Vuelco de máquinas o camiones.

Atrapamientos por partes móviles de la maquinaria.

Problemas de circulación interna (embarramientos) debidos al mal estado de la pista de acceso o circulación.

Contactos eléctricos directos. Contactos eléctricos indirectos. Polvo. Ruido.

Los derivados por interferencias con conducciones enterradas. Inundación.

Riesgos derivados de los trabajos realizados bajo condiciones meteorológicas adversas (bajas temperaturas, fuertes vientos, lluvias, etc.)

Los riesgos a terceros, derivados de la intromisión descontrolada de los mismos en la obra durante las horas dedicadas a producción o a descanso.

MEDIDAS PREVENTIVAS

El talud de las excavaciones a realizar, en donde pueda llegar a existir riesgo de desprendimiento o deslizamiento de tierras, y que pueda afectar a la integridad física de algún operario, será próximo o igual al talud natural, de tal forma que anulemos dichos riesgos.

Cuando no pueda ser viable realizar tal talud, por problemas mayores de ejecución, y dependiendo del terreno, y si se han de realizar trabajos en el fondo de la misma por operarios, cuando exista riesgo de desprendimientos de tierras, será preciso realizar entibación, con referencia a la excavación en zanja.

Debe acotarse el entorno y prohibir trabajar o permanecer observando dentro del radio de acción de una máquina para el movimiento de tierras.

Antes del inicio de los trabajos se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

El frente de excavación realizado mecánicamente, no sobrepasará en más de 1 m, la altura máxima de ataque del brazo de la máquina.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de 2 m del borde de la excavación para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno.



Se eliminarán todos los bolos o viseras, de los frentes de excavación que por su situación ofrezcan riesgo de desprendimiento.

Los parámetros de excavaciones quedarán ataludados con un ángulo en función del tipo de terreno excavado y de los trabajos a realizar en el interior de la excavación, si ello no fuera viable se procederá a entibar, apuntalar o arriostrar las paredes de la excavación.

Se procederá el apuntalamiento, u otro sistema análogo de protección, de las paredes de la excavación cuando se sobrepase 1,30 m de profundidad y exista riesgo de desprendimiento o deslizamiento del terreno, dependiendo del tipo y estado de las tierras, en cuya base de la pared exista la presencia de personas.

El frente y paramentos verticales de una excavación deben ser inspeccionados siempre al iniciar (o dejar) los trabajos, por el Capataz o Encargado que señalará los puntos que deben tocarse antes del inicio (o cese) de las tareas.

El saneo (de tierras, o roca) mediante palanca (o pértiga), cuando exista riesgo de caída superior a 2 m y cuando no exista protección colectiva alguna, se ejecutará sujeto mediante cinturón de seguridad amarrado a un "punto fuerte" (construido expresamente, o del medio natural; árbol, gran roca, etc.)

Se señalará mediante una cinta de señalización la distancia de seguridad mínima de aproximación al borde de una excavación, (mínimo 2 m, como norma general).

Se detendrá cualquier trabajo al pie de un talud, si no reúne las debidas condiciones de estabilidad definidas por la Dirección de Obra.

Se inspeccionarán por personal cualificado y autorizado para ello, las entibaciones que pudieran haberse colocado, antes del inicio de cualquier trabajo en la coronación o en la base.

Se paralizarán los trabajos a realizar al pie de entibaciones cuya garantía de estabilidad no sea firme u ofrezca dudas. En este caso, antes de realizar cualquier otro trabajo, debe reforzarse, apuntalarse, etc., la entibación.

Deben prohibirse los trabajos en la proximidad de postes eléctricos, de telégrafo, etc., cuya estabilidad no quede garantizada antes del inicio de las tareas.

Deben eliminarse los árboles, arbustos y matorros cuyas raíces han quedado al descubierto, mermando la estabilidad propia y del corte efectuado al terreno. No obstante, y mientras se procede a su eliminación, las zonas en las que puedan producirse desprendimientos de árboles con raíces descarnadas, deberán ser señalizadas, balizadas y protegidas convenientemente.



Se han de utilizar testigos que indiquen cualquier movimiento del terreno que suponga el riesgo de desprendimientos. Se colocarán redes tensas o mallazo electrosoldado, según cálculo, situadas sobre los taludes, firmemente recibidas, que podrán actuar como avisadores al llamar la atención por embolsamientos (que son inicios de desprendimientos). Éste es un método bastante eficaz si se prevé solapar las redes un mínimo de 2 m.

Se prohíbe permanecer o trabajar al pie de un frente de excavación recientemente abierto, antes de haber procedido a su saneo.

Las maniobras de carga a cuchara de camiones, serán dirigidas por una persona cualificada para ello.

La circulación de vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando.

Se recomienda evitar en lo posible los barrizales, en prevención de accidentes.

Para acceso a zonas (fondos) de excavación se tendrá presente que procurará separar, el acceso de personas del de vehículos. En caso contrario, se construirá una barrera de acceso de seguridad a la excavación para el uso peatonal.

Se prohibirá trabajar o permanecer, dentro del radio de acción del brazo de una máquina para el movimiento de tierras.

Se prohíbe permanecer o trabajar al pie de un frente de excavación recientemente abierto, antes de haber procedido a su saneo, entibado, etc.

Se construirán accesos a la excavación separados entre sí; uno para la circulación de personas y otro para la de maquinaria y camiones. En el caso de no poder construirse accesos separados se construirá una barrera (valla, barandilla, acera, etc.) de acceso de seguridad a la excavación para uso peatonal.

Además de lo que a continuación se relaciona, remitirse a lo expuesto en el apartado de maquinaria de obra, para la maquinaria a utilizar en movimiento de tierras.

PROTECCIONES COLECTIVAS

Entibaciones, apuntalamientos o arriostramientos de los paramentos de las excavaciones, en los casos en los que se ha descrito.



Se utilizarán topes limitadores de avance situados a una distancia mínima de seguridad del borde de la excavación (mínimo 2 m) para camiones, en las operaciones de retroceso para la carga y descarga de tierra.

Las coronaciones de taludes permanentes a las que deban acceder personas, y cuando exista riesgo de caída en altura superior a 2m, se protegerán mediante barandilla de 90 cm. de altura, listón intermedio y rodapié, con una separación al borde del talud tal que no exista riesgo de desplome del borde del mismo.

PROTECCIONES PERSONALES

Ropa de trabajo. Casco de seguridad. Lo usarán además del personal a pie, los maquinistas y camioneros que deseen o deban abandonar las correspondientes cabinas de conducción. Botas de seguridad. Botas de seguridad impermeables. Trajes impermeables para ambientes lluviosos. Mascarillas anti polvo con filtro mecánico recambiables. Mascarillas filtrantes. Cinturón antivibratorio (en especial los conductores de maquinaria para el movimiento de tierras). Guantes de cuero. Guantes de goma o PVC.

7.3.6. Trabajos con tubos, conducciones, dispositivos de apertura, cierre y regulación, compuertas y asimilables.

ANÁLISIS DE RIESGOS

Desprendimiento por mal apilado de materiales. Desprendimiento de cargas izadas durante el acopio o durante el montaje. Golpes en las manos. Atrapamientos. Caída desde altura. Caída de objetos. Caída de personas al mismo nivel. Caída de personas por el borde o huecos en donde se trabaja. Pisadas sobre objetos punzantes. Electrocuación por anulación de tomas de tierra de maquinaria eléctrica. Sobreesfuerzos por posturas inadecuadas. Golpes en general por objetos. Dermatitis por contacto con el cemento. Los derivados del trabajo en condiciones meteorológicas extremas (frío, calor o humedad intensos). Los derivados de trabajos sobre superficies mojadas. Los propios de trabajos como encofrados, trabajos con ferralla, trabajos con hormigón y trabajos con elementos prefabricados.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS

Para los trabajos con tubos y conducciones se seguirán las medidas y normas de seguridad establecidas para los trabajos de excavación de zanjas y pozos.



En el montaje de valvulería, compuertas y otros dispositivos de regulación será necesario estudiar los distintos condicionantes que pueden hacer que el montaje genere riesgos para los trabajadores, habilitando en cada caso pasarelas de trabajo, protecciones perimetrales, andamiajes, líneas de vida, o el empleo de cestas, plataformas elevadoras, etc.

Se aplicarán todas las Medidas y Normas de Seguridad, Protecciones Colectiva y Protecciones Personales, establecidas para trabajos con encofrados, trabajos con hormigón, trabajos con elementos prefabricados y trabajos con soldadura.

PROTECCIONES PERSONALES

Casco de seguridad. Cinturón de seguridad de sujeción. Guantes de cuero. Botas de seguridad. Botas de goma. Ropa de trabajo. Traje para ambientes húmedos o lluviosos. Protectores auditivos

7.3.7. Trabajos con rellenos

ANÁLISIS DE RIESGOS

Vuelco de vehículos en las operaciones de descarga. Accidentes por conducción sobre terrenos embarrados. Vibraciones y ruido.

Proyección de partículas, y generación de polvo. Caídas de material desde las cajas de los vehículos.

Interferencias entre vehículos por falta de dirección o de señalización en las maniobras. Atropellos.

MEDIDAS PREVENTIVAS

Todo el personal que maneje los camiones, dumper (máquinas para estos trabajos) será especialista en el manejo de estos vehículos, estando en posesión de la documentación de capacitación acreditativa.

Todos los vehículos serán revisados periódicamente, en especial en los órganos de accionamiento neumático, quedando reflejados las revisiones en el libro de mantenimiento.

Se prohíbe sobrecargar los vehículos por encima de la carga máxima admisible, que llevarán siempre escrita de forma legible.



Todos los vehículos de transporte de materiales empleados especificarán claramente la “Tara” y la “Carga máxima”.

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Cada equipo de carga para rellenos será dirigido por un jefe de equipo que coordinará las maniobras.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas.

Se señalarán los accesos y recorrido de los vehículos en el interior de la obra para evitar las interferencias.

Todas las maniobras de vertidos en retroceso serán dirigidas por el Capataz, Jefe del Equipo o Encargado.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m, (como norma general) en torno a la maquinaria en funcionamiento. (La visibilidad para el maquinista es inferior a la deseable dentro del entorno señalado).

Todos los vehículos empleados en esta obra, para las operaciones de relleno y compactación serán dotados de bocina automática de marcha hacia atrás, y dispositivo luminoso.

Se señalarán los accesos a la vía pública, mediante las señales normalizadas de “peligro indefinido”, “peligro salida de camiones” y “STOP”.

Los conductores de cualquier vehículo provisto de cabina cerrada, quedan obligados a utilizar el casco de seguridad para abandonar la cabina en el interior de la obra.

Los vehículos utilizados estarán dotados de póliza de seguro con responsabilidad civil ilimitada.

PROTECCIONES COLECTIVAS

Se instalará en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso. Barandillas de protección en bordes de excavación o bordes de talud. Señalización.

PROTECCIONES PERSONALES

Casco de seguridad. Botas de seguridad. Botas impermeables de seguridad. Mascarillas anti polvo. Guantes de cuero. Protectores auditivos. Cinturón antivibratorio. Ropa de trabajo.



7.3.8. Trabajos con encofrados y moldes

ANÁLISIS DE RIESGOS

Desprendimientos por mal apilado de la madera para encofrar. Caída o vuelco de paquetes de madera (tablones, tableros, puntales, correas, soportes) durante las maniobras de carga y descarga. Atrapamientos, aplastamientos o golpes por cuerpos de encofrados metálicos. Caída de material al vacío en las operaciones de desencofrado. Caída de personas u objetos al mismo o distinto nivel. Cortes al utilizar las sierras de mano o cepilladoras. Cortes al utilizar la sierra circular. Golpes en las manos y extremidades superiores durante la clavazón. Pisadas sobre objetos punzantes.

Electrocución por anulación de tomas a tierra de maquinaria eléctrica. Sobreesfuerzos por posturas inadecuadas. Dermatitis por contactos con el cemento. Los derivados del trabajo en condiciones meteorológicas adversas (bajas temperaturas, vientos, lluvias, etc.). Los derivados de trabajos en superficies mojadas. Caída o vuelco de cuerpos de encofrados metálicos durante las maniobras de descarga y montaje del encofrado. Caída de personas u objetos al vacío durante el desplazamiento entre los distintos niveles de trabajo. Atrapamiento de las manos y los pies. Movimientos descontrolados del encofrado durante las maniobras de cambio de posición. Golpes con los encofrados. Desprendimiento de componentes. Desprendimiento del encofrado por deficiente ejecución de los puntos.

MEDIDAS PREVENTIVAS

Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de tablones, puntales, encofrados metálicos, etc.

El ascenso y descenso de personal a los encofrados que pudieran permanecer en altura se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias.

Se instalarán cubridores de madera o de plástico sobre las esperas de ferralla de losas para evitar su hincada en las personas.

Se esmerará el orden y la limpieza durante la ejecución de los trabajos.

Los clavos o puntas existentes de la madera usada se extraerán o se remacharán. Los clavos sueltos o arrancados se eliminarán mediante un barrido o apilado en un lugar para su posterior retirada.

Una vez concluido un determinado tajo, se limpiará eliminando todo el material sobrante, que se apilará en un lugar conocido para su posterior retirada.



Se instalarán señales de obligación, advertencia y peligro: “Uso obligatorio del casco de seguridad”, “Uso obligatorio de botas de seguridad” “Peligro, contacto corriente eléctrica” y “Peligro caída de objetos”.

Se instalará un cordón de balizamiento ante los huecos, vaciados y excavaciones peligrosas.

El desencofrado se realizará siempre con ayuda de uñas metálicas realizándose siempre desde el lado del que no pueda desprenderse la madera, es decir desde el ya desencofrado.

Los recipientes para productos de desencofrado, se clasificarán para su correcta utilización o eliminación.

Se prohíbe hacer fuego directamente sobre los encofrados. Si se hacen fogatas se efectuarán en el interior de recipientes metálicos aislado de los encofrados de madera.

Antes del vertido de hormigón se comprobará la buena estabilidad del conjunto por un técnico especializado.

Queda prohibido encofrar antes de haber cubierto el riesgo de caída desde altura mediante la rectificación de la situación de redes, barandillas de protección, cables fiadores para el enganche del mosquetón del arnés de seguridad.

PROTECCIONES COLECTIVAS

La situación de plataformas de trabajo, barandillas de protección, cables fiadores para el enganche del mosquetón del arnés de seguridad, con el fin de cubrir los riesgos de caída desde altura de personas u objetos.

Andamiajes, debidamente arriostrados, calzados y sujetos a puntos sólidos de la estructura ya ejecutada, dotados de módulos de escalera en andamiajes que superen los 4 m de altura, y de barandillas de protección reglamentarias en las plataformas de trabajo ubicadas en altura superior a 2 m.

PROTECCIONES PERSONALES

Casco de polietileno, (preferible con barboquejo). Guantes de cuero. Calzado de seguridad. Botas de goma con piso y puntera metálica. Botas de agua. Trajes para tiempo lluvioso. Cinturón portaherramientas. Mascarilla anti polvo. Gafas antiproyecciones. Protector auditivo.



7.3.9. Trabajos con ferralla

ANÁLISIS DE RIESGOS

Cortes y heridas en manos y pies por manejo de redondos de acero. Aplastamiento durante las operaciones de carga y descarga de paquetes de ferralla, o en las operaciones de montaje de armaduras. Golpes por caída, desplome o giro descontrolado de la carga suspendida. Tropezos y torceduras al caminar por entre o sobre las armaduras. Pisadas sobre objetos punzantes. Los derivados de las eventuales roturas de redondos de acero durante el estirado o doblado. Sobreesfuerzos. Caídas al mismo y distinto nivel. Electrocutación.

MEDIDAS PREVENTIVAS

Se habilitará en obra un espacio dedicado al acopio y clasificado de ferralla.

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de pilas superiores a 1,50 m.

El transporte aéreo de paquetes de armaduras mediante grúa se ejecutará suspendiendo la carga de dos puntos separados mediante eslingas.

La ferralla montada se almacenará en los lugares designados a tal efecto separado del lugar de montaje. Los desperdicios o recortes de hierro se recogerán acopiándose en un lugar seguro para su posterior carga y transporte a vertedero

La ferralla montada se transportará al punto de ubicación suspendida del gancho de la grúa mediante eslingas que la sujetarán de dos puntos distantes para evitar deformaciones y desplazamientos no deseados, y durante el izado de cargas no se admitirá la permanencia de personas bajo el radio de acción de las cargas suspendidas.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco de trabajo.

Queda prohibido como instalación de obra los cables de alimentación de las máquinas del taller que no estén debidamente protegidas de los efectos mecánicos, bajo tubo u otras medidas similares, no permitiéndose en ningún caso que permanezcan los conductores por la ferralla.

Se prohíbe trepar por las armaduras, en cualquier caso.



PROTECCIONES COLECTIVAS

La situación de, barandillas de protección, cables fiadores para el enganche del mosquetón del arnés de seguridad, con el fin de cubrir los riesgos de caída desde altura de personas u objetos, en los casos que sea necesario.

Andamiajes y plataformas de trabajo, debidamente montados, arriostrados y sujetos a puntos sólidos de partes de la estructura ya ejecutada.

Se instalarán caminos de tres tablonos (60 cm como mínimo de anchura total) que permita la circulación sobre losas, soleras u otro elemento en fase de armado, tendido de mallazos, etc.

Dispositivos de corte y cierre de corriente en la utilización de aparatos eléctricos, en el taller de ferralla de obra.

PROTECCIONES PERSONALES

Casco de polietileno (preferible con barboquejo). Guantes de cuero. Calzado de seguridad, con refuerzo metálico en puntera y suela. Ropa de trabajo. Trajes para tiempo lluvioso. Cinturón portaherramientas. Salva hombros y cara de cuero (transporte de cargas a hombros). Gafas antiproyecciones. Protector auditivo. Cinturón o arnés de seguridad.

7.3.10. Trabajos con hormigón

ANÁLISIS DE RIESGOS

Desprendimientos por mal apilado de materiales. Hundimiento de encofrados. Rotura o reventón de encofrados. Pisadas sobre objetos punzantes. Golpes en las manos. Caída desde altura. Caídas de objetos. Caída de personas por el borde o huecos en donde se trabaja. Caída de personas al mismo nivel. Pisadas sobre objetos punzantes. Electrocutión por anulación de tomas de tierra de maquinaria eléctrica. Sobre esfuerzos por posturas inadecuadas. Golpes en general por objetos. Dermatitis por contacto con el cemento. Los derivados del trabajo en condiciones meteorológicas extremas (frío, calor o humedad intensos). Los derivados de trabajos sobre superficies mojadas. Vibraciones por manejo de agujas vibrantes. Ruido ambiental. Electrocutión. Contactos eléctricos: directos o indirectos.



7.3.10.1. Vertido mediante canaleta

MEDIDAS Y NORMAS DE SEGURIDAD

Los camiones hormigonera se situarán a una distancia mínima de seguridad del borde de la excavación, mínimo 2 m.

Los operarios de apoyo a las operaciones de vertido no se situarán detrás de camión hormigonera en las operaciones de retroceso del mismo.

Se habilitarán puntos de permanencia seguros e intermedios en las situaciones de vertido a media ladera.

La maniobra de vertido será dirigida por un capataz o persona autorizada que vigilará que no se realicen maniobras inseguras.

7.3.10.2. Vertido mediante cubo o cangilón.

MEDIDAS Y NORMAS DE SEGURIDAD

Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible.

La apertura del cubo para el vertido se ejecutará exclusivamente accionando la palanca para ello, con las manos protegidas con guantes impermeables.

Se evitará golpear los encofrados y las entibaciones.

Del cubo penderán cabos de guía para ayudar a su correcta posición de vertido. No se guiará directamente para prevenir caídas por movimiento pendular del cubo.
Protecciones Colectivas

Delimitación de la zona de trabajo, mediante balizamiento o señalización.

Andamiajes, debidamente arriostrados, calzados y sujetos a puntos sólidos de la estructura ya ejecutada, dotados de módulos de escalera en andamiajes que superen los 4 m de altura, y de barandillas de protección en las plataformas de trabajo superiores.

Castilletes de hormigonado o plataformas de trabajo, dotados con barandillas de protección, de 90 cm de altura, listón intermedio y rodapié.

Líneas de vida o cables fiadores para el enganche del mosquetón del cinturón o arnés de seguridad.



PROTECCIONES PERSONALES

Casco de seguridad. Guantes de cuero. Calzado de seguridad, con refuerzo metálico en puntera y suela. Botas de goma con piso y puntera metálica. Botas de agua. Ropa de trabajo. Trajes para tiempo lluvioso. Mascarilla anti polvo. Gafas antiproyecciones.

7.3.10.3. Vertido mediante bombeo

MEDIDAS Y NORMAS DE SEGURIDAD

El equipo encargado del manejo de la bomba de hormigón estará especializado en este trabajo.

La tubería de la bomba de hormigonado se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.

La manguera terminal de vertido será gobernada por un mínimo de dos operarios a la vez, para evitar caídas por el movimiento incontrolado de la misma.

Antes del inicio del hormigonado de una determinada superficie se deberá establecer un camino de tabloncillos seguro sobre los que apoyarse los operarios que gobiernan el vertido con la manguera.

El hormigonado de elementos verticales se ejecutará gobernando la manguera desde castilletes de hormigonado.

Los trabajadores que estén próximos a la bomba utilizarán constantemente gafas protectoras, evitando así la proyección del árido.

Antes de iniciar el bombeo de hormigón se deberá preparar el conducto (engrasar las tuberías) enviando masas de mortero de dosificación, para evitar el atoramiento o tapones.

PROTECCIONES COLECTIVAS APLICABLES A TODOS LOS PROCEDIMIENTOS

Se instalarán barandillas sólidas en el frente de excavación protegiendo el tajo de guía de canaleta.

Se instalarán cables de seguridad amarrados a puntos sólidos para el enganche del mosquetón del arnés de seguridad en zonas de difícil acceso, con fuertes pendientes, con riesgo de caída al vacío, etc.



Se instalarán fuertes topes al final del recorrido de los camiones hormigonera para evitar vuelcos o deslizamientos de vehículos.

Castilletes de hormigonado y plataformas de trabajo dotados de barandillas de protección de 90 cm de altura, listón intermedio y rodapié.

PROTECCIONES PERSONALES APLICABLES A TODOS LOS CASOS.

Casco de polietileno. Guantes de cuero. Calzado de seguridad, con refuerzo metálico en puntera y suela. Botas de goma con piso y puntera metálica. Botas de agua. Ropa de trabajo. Trajes impermeables. Mascarilla anti polvo. Gafas antiproyecciones

7.3.11. Trabajos de soldadura

7.3.11.1. Soldadura por arco eléctrico

ANÁLISIS DE RIESGOS

Caída desde altura. Caídas al mismo nivel. Atrapamiento entre objetos. Aplastamiento de manos por objetos pesados. Los derivados de caminar sobre la perfilera en altura. Los derivados de las radiaciones del arco voltaico. Quemaduras. Contacto con la energía eléctrica. Proyección de partículas. Heridas en ojos por cuerpos extraños (picado del cordón). Pisadas sobre objetos punzantes.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS

En todo momento los tajos estarán limpios y ordenados en prevención de tropiezos y pisadas sobre objetos punzantes.

El izado de materiales de longitud considerable se realizará con eslingas de dos puntos, de tal forma, que el ángulo superior a nivel de la argolla de cuelgue que forman las dos hondillas de la eslinga sea igual o menor que 90º, para evitar los riesgos por fatiga del medio auxiliar.

El izado de estos materiales se guiará mediante sogas hasta su “presentación”, nunca directamente con las manos para evitar los empujones, cortes y atrapamientos.

La soldadura de elementos estructurales no se realizará a una altura superior a una planta. Se ejecutará el trabajo introducido dentro de jaulones de seguridad unidos a elementos ya seguros.



El soldador irá provisto de cinturón de seguridad y se le suministrará los necesarios puntos de anclaje cómodo y “cables de circulación” todo ello para evitar caídas de altura.

Se suspenderán los trabajos de soldadura (montaje de estructuras) con vientos iguales o superiores a 60 km/h.

Se suspenderán los trabajos de soldadura a la intemperie bajo el régimen de lluvias, en prevención del riesgo eléctrico.

Se tenderán entre puntos fijos y residentes, de forma horizontal, cables de seguridad firmemente anclados, por los que se deslizarán los “mecanismos paracaídas” de los cinturones de seguridad, cuando se camine sobre las zonas con riesgo de caída desde altura.

Las escaleras de mano a utilizar durante el montaje de la estructura serán metálicas con ganchos en cabeza y con los largueros para inmovilización, en prevención de caídas por movimientos indeseables.

Los portaelectrodos a utilizar en esta obra, tendrán el soporte de manutención en material aislante de la electricidad. El Encargado o Capataz controlará que el soporte utilizado no esté deteriorado.

Se prohíbe expresamente la utilización en esta obra de portaelectrodos deteriorados, en prevención del riesgo eléctrico.

Las operaciones de soldadura a realizar en zonas húmedas o muy conductoras de la electricidad no se realizarán con tensiones superior a 50 voltios. El grupo de soldadura estará en el exterior del recinto en el que se efectúe la operación de soldar.

Las operaciones de soldadura a realizar en esta obra (en condiciones normales), no se realizarán con tensiones superiores a 150 voltios si los equipos están alimentados por corriente continua.

El banco para soldadura fija tendrá aspiración forzada instalada junto al punto de soldadura.

El taller de soldadura se limpiará diariamente eliminando del suelo clavos, fragmentos y recortes, en prevención de los riesgos de pisadas sobre materiales, tropezones o caídas.

El taller de soldadura de esta obra estará dotado de un extintor de polvo químico seco y sobre la hoja de la puerta, señales normalizadas de “riesgo eléctrico” y “riesgo de incendios”.

El personal encargado de soldar será especialista en dichos trabajos.



PROTECCIONES PERSONALES

Casco de seguridad. Yelmo de soldador (casco + careta de protección) Pantalla de soldadura de sustentación manual. Gafas de seguridad para protección de radiaciones por arco voltaico (especialmente el ayudante). Guantes de cuero. Botas de seguridad. Ropa de trabajo. Manguitos de cuero. Polainas de cuero. Mandil de cuero. Guantes aislantes (maniobras en el grupo bajo tensión). Cinturón de seguridad de sujeción (trabajos estáticos). Cinturón de seguridad de suspensión (trabajos en posición de suspensión aérea). Cinturón de seguridad de caída (trabajos y desplazamientos con riesgo de caída desde altura).

7.3.11.2. Soldadura oxiacetilénica-oxicorte

ANÁLISIS DE RIESGOS

Caída desde altura. Caídas al mismo nivel. Atrapamientos entre objetos. Aplastamientos de manos o pies por objetos pesados. Los derivados de la inhalación de vapores metálicos. Quemaduras. Explosión (retroceso de llama). Incendio.

Heridas en los ojos por cuerpos extraños. Pisadas sobre objetos punzantes o materiales. Medidas Preventivas y Protecciones Colectivas

El suministro y transporte interno de obra de las botellas (o bombonas) de gases licuados, se efectuará según las siguientes condiciones:

Estarán las válvulas de corte protegidas por la correspondiente caperuza protectora. No se mezclarán botellas de gases distintos.

Se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, para evitar vuelcos durante el transporte.

Los puntos anteriores se cumplirán tanto para bombonas o botellas llenas como para bombonas vacías.

El traslado y ubicación para uso de las botellas de gases licuados se efectuará mediante carros portabotellas de seguridad.

En esta obra, se prohíbe acopiar o mantener las botellas de gases licuados al sol.

Se prohíbe en esta obra, la utilización de botellas (o bombonas) de gases licuados en posición inclinada.

Se prohíbe en esta obra el abandono antes o después de su uso de las botellas (o bombonas) de gases licuados.



Las botellas de gases licuados se acopiarán separados (oxígeno, acetileno, butano, propano), con distinción expresa de lugares de almacenamiento para las ya agotadas y las llenas.

El almacén de gases licuados se ubicará en el exterior de la obra (o en un lugar alejado de elementos estructurales que pudieran ser agredidos por accidentes), con ventilación constante y directa. Sobre la puerta de acceso, dotada de cerradura de seguridad (o de un buen candado), se instalarán las señales de “peligro explosión” y “prohibido fumar”.

El Encargado o Capataz controlará que en todo momento se mantengan en posición vertical todas las botellas de acetileno.

Se controlará que, en todo momento, se mantengan en posición vertical todas las botellas de gases licuados.

Los mecheros para soldadura mediante gases licuados, en esta obra estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama, en prevención del riesgo de explosión.

Se controlará las posibles fugas de las mangueras de suministro de gases licuados, por inmersión de las mangueras bajo presión en el interior de un recipiente lleno de agua.

PROTECCIONES PERSONALES

Casco de seguridad. Yelmo de soldador (casco + careta de protección). Pantalla de protección de sustentación manual. Guantes de cuero. Manguitos de cuero. Polainas de cuero. Mandil de cuero. Ropa de trabajo. Cinturón de seguridad de sujeción y de caída, según las necesidades y riesgos a prevenir.

7.3.12. Riesgos en la ejecución de estructuras

ANÁLISIS DE RIESGOS

Caída de personas al mismo nivel (tropiezos con materiales, útiles, herramientas, etc.). Caída de personas a distinto nivel, incluso huecos de escalera.

Golpes contra objetos. Cortes por el manejo de objetos y herramientas manuales.

Dermatitis por contacto con el cemento.

Sobreesfuerzos por posturas obligadas (caminar en cuclillas, por ejemplo). Partículas en los ojos.



Los derivados de los trabajos realizados en ambientes pulverulentos o bajo circunstancias meteorológicas adversas. Los derivados del uso de medios auxiliares (andamiajes, escaleras, etc.).

Golpes a las personas por el transporte en suspensión de grandes piezas por movimientos incontrolados.

Atrapamientos durante maniobras de ubicación. Atrapamientos con partes móviles de la maquinaria. Vuelco de piezas.

Desplome de piezas durante el izado de las mismas. Aplastamientos de manos o pies al recibir las piezas.

Contactos eléctricos con líneas aéreas.

Caída de objetos o herramientas.

Atropellos por la maquinaria y camiones utilizados.

Caída de personas, objetos o herramientas desde altura, en los trabajos de apoyo al izado y ubicación definitiva de la pieza.

Se considerarán los riesgos propios de los trabajos con encofrados, trabajos con ferralla y trabajos con hormigón y los riesgos relacionados con trabajos de soldadura.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS

Las piezas se transportarán de manera que el traqueteo, las sacudidas, los golpes o el peso de las cargas no pongan en peligro la estabilidad de las piezas, o del vehículo, debiendo estar firmemente sujetas las bridas o eslingas a las piezas prefabricadas.

El acopio de materiales y elementos metálicos o partes constituyentes de la estructura metálica se ubicarán en un destino a tal fin, considerando las características, dimensiones y peso del material o elemento a acopiar. El acopio estará claramente señalizado y delimitado.

Para las operaciones de enganche se ha de comprobar que los anclajes que traen las piezas estén en correctas condiciones, comprobándose que las piezas prefabricadas no presentan zonas deterioradas con el consiguiente peligro de desprendimiento al izarse.

Los cables empleados en las operaciones de izado deberán ser revisados periódicamente, desechándose cuando presenten el menor defecto.

Empleo de ganchos y grilletes con cierres de seguridad.

Durante el izado y batido de cargas no se consentirá la permanencia de personas bajo el radio de acción.



Se prohíbe el izado y montaje de elementos prefabricados pesados en régimen de fuertes vientos.

Se revisarán las eslingas, grilletes y útiles de izado.

La ubicación de piezas prefabricadas o conformadas en taller se realizará guiando la pieza con cuerdas o cabos, nunca con las extremidades, y el personal de apoyo a los trabajos no se situará bajo la carga suspendida, ni se aproximará hasta que la pieza quede presentada.

La colocación de las piezas en su posición definitiva se hará en descenso vertical y lo más lentamente posible.

Los prefabricados o perfilería en el momento de su colocación estarán exentos de hielo, nieve o humedad.

Se protegerán con barandilla todos los perímetros de forjados y huecos de escalera, serán de resistencia suficiente, dotada de una altura de 90 cm, barra intermedia y rodapié de 15 cm mínimo.

Se instalarán redes tipo horca en prevención de caída de objetos, incluso de personas al vacío.

Para los trabajos en cubiertas se emplearán protecciones perimetrales a base de barandillas de protección de las mismas características que las señaladas anteriormente.

Se instalarán líneas de vida para el amarre del arnés de seguridad, en caso de no disponer de otro tipo de protección, así mismo se emplearán dispositivos anticaída, dotados de freno automático para trabajos en vertical.

En cualquier caso, no se iniciarán los trabajos, incluso los referentes al montaje de las propias protecciones colectivas, sin que se haya cubierto el riesgo de caída desde altura o al vacío.

Se cumplirá con las Medidas Preventivas, Protecciones Colectivas y Personales destacadas en trabajos con encofrados, trabajos con ferralla y trabajos con hormigón.

7.3.13. Trabajos de impermeabilización

ANÁLISIS DE RIESGOS

Caída de personal al mismo o distinto nivel. Erosiones y contusiones en manipulación. Salpicaduras y proyecciones. Intoxicación por inhalación de vapores tóxicos. Quemaduras. Sobreesfuerzos.



MEDIDAS PREVENTIVAS

Todos los envases de productos asfálticos impermeabilizantes permanecerán debidamente etiquetados, cerrados y acopiados en lugar seguro y ventilado en prevención de generación de atmósferas tóxicas y en prevención de incendio para lo que se le dotará de extintor de polvo polivalente.

Se prohibirá la obra como lugar de almacenaje de estos productos, salvo los que se utilicen diariamente, efectuando la retirada de los envases vacíos.

Se tendrá en consideración todas las medidas previstas en función de la maquinaria, medios auxiliares, útiles y herramientas necesarios para el desempeño de los trabajos.

PROTECCIONES COLECTIVAS

Etiquetado de los productos según la normativa vigente. Extintores de polvo químico. Ventilación de los lugares de acopio.

PROTECCIONES PERSONALES

Casco de seguridad. Botas de seguridad. Guantes de cuero. Guantes de goma. Mascarilla. Chalecos reflectantes Ropa de trabajo

7.3.14. Montaje de pasarelas y escaleras, barandillas y elementos prefabricados o conformados en taller.

ANÁLISIS DE RIESGOS

Caída de personas, objetos o herramientas desde altura. Aplastamiento de materiales.

Atrapamiento con partes móviles de la maquinaria. Atrapamiento durante maniobras de ubicación.

Sobreesfuerzos.

Los derivados de la ejecución de trabajos bajo circunstancias meteorológicas adversas.

Golpes a las personas por el transporte en suspensión de piezas o palés por movimientos incontrolados.

Vuelco de piezas o palés.



Desplome de piezas o palés durante el izado de los mismos. Aplastamiento de manos y pies al recibir las piezas.

Contactos eléctricos con líneas aéreas.

Atropellos por la maquinaria y camiones utilizados.

MEDIDAS PREVENTIVAS

El almacenaje o acopio se ubicará en una zona en la que los recorridos de la grúa que los va a elevar para proceder en su montaje no afecte a posibles trabajos bajo el área de acción de las cargas suspendidas.

El lugar donde se almacenen será capaz de resistir el peso de las piezas, siendo horizontal y evitando así riesgos de que pueda volcar.

Para las operaciones de enganche se ha de comprobar que los anclajes que traen las piezas estén en correctas condiciones, comprobándose que las piezas prefabricadas no presentan zonas deterioradas con el consiguiente peligro de desprendimiento al izarse.

Las tenazas, abrazaderas u otros accesorios usados par el izado serán de forma y dimensiones que puedan garantizar una sujeción firme sin dañar al elemento, debiendo llevar marcada la carga máxima admisible en las condiciones más desfavorables de izado.

La grúa o aparato de elevación será adecuado a las cargas a elevar.

Se prohíbe el izado y montaje de elementos prefabricados pesados en régimen de fuertes vientos.

Si la zona de operaciones no queda dentro del campo visual del gruista, se emplearán señales y cuantos trabajadores sean precisos, no permaneciendo ninguno de ellos bajo la vertical de la carga suspendida.

Mantener un correcto estado de orden y limpieza. Señalizar y acotar los posibles desniveles.

El trabajo en altura se hará desde plataformas o andamios, si no fuera posible se empleará cinturón o arnés de seguridad, sujetos a elementos fijos o a líneas de vida.

Se revisarán las eslingas, grilletes y útiles de izado.

Se utilizarán cuerdas para guiar las cargas suspendidas.

La colocación de las piezas en su posición definitiva se hará en descenso vertical y lo más lentamente posible.

Se fijarán las piezas mediante tirantes, torniquetes u otros medios antes de proceder al desenganchado de las eslingas.



Los prefabricados en el momento de su colocación estarán exentos de hielo y nieve.

Se evitará dejar olvidadas herramientas en puntos altos, para lo que se dispondrá de cinturones portaherramientas.

PROTECCIONES COLECTIVAS

Señalización de la zona de trabajo. Señalización sobre los riesgos y uso de los equipos de protección individual necesarios. Castilletes y Plataformas de trabajo. Barandillas perimetrales de protección. Cables fiadores o líneas de vida para el enganche del cinturón o arnés de seguridad.

PROTECCIONES PERSONALES.

Casco de polietileno. Guantes de cuero. Calzado de seguridad, con refuerzo metálico en puntera y suela. Ropa de trabajo. Gafas antiproyecciones. Cinturón portaherramientas. Cinturón o arnés de seguridad.

7.3.15. Instalaciones eléctricas. Medida y Normas de Seguridad.

ANÁLISIS DE RIESGOS

Contactos eléctricos directos e indirectos. Electrocción por mal funcionamiento de los mecanismos y sistemas de protección. Electrocción por mal comportamiento de las tomas de tierra (incorrecta instalación). Incendio. Quemaduras. Pinchazos, cortes y golpes en el manejo de herramientas, cableado, etc. Atrapamientos.

7.3.15.1. Operaciones de enganche a la red general

MEDIDAS PREVENTIVAS

Está previsto que las operaciones de enganche a la red y el montaje de las instalaciones eléctricas se efectuarán por personal especialista de la empresa suministradora, no obstante, se tendrán en cuenta las medidas preventivas estudiadas en este apartado.

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista.

Las herramientas a usar por los electricistas instaladores, estarán protegidas con material aislante normalizado.



Se prohíbe el conexionado de cables a los cuadros de suministro eléctrico de obra, sin la utilización de las clavijas macho-hembra.

Las pruebas de funcionamiento de la instalación eléctrica, serán anunciadas a todo el personal de la obra, antes de ser iniciadas, para evitar accidentes.

Antes de hacer entrar en carga la instalación eléctrica, se hará una revisión con detenimiento de las conexiones de mecanismos, protecciones y empalmes de los cuadros generales eléctricos directos o indirectos.

7.3.15.2. Cableado de la instalación provisional de la obra.

MEDIDAS PREVENTIVAS

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar en función del cálculo realizado para la maquinaria e iluminación prevista.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables.

La distribución general desde el cuadro principal de la obra a los cuadros secundarios, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables, mangueras, se efectuará de una de las formas siguientes:

A una altura mínima de 2 m en los lugares peatonales y de 5 m en los lugares de paso de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Enterrado. Se señalará el paso del cable mediante una cubrición permanente de tablones que tendrán por objeto proteger mediante el reparto de cargas, y señalar la existencia del paso eléctrico a los vehículos. La profundidad de la zanja mínima será entre 40 y 50 cm, y el cable irá además protegido en el interior de un tubo rígido.

Los empalmes entre mangueras siempre estarán elevados. Se prohibirá mantenerlos sobre el suelo.

Los empalmes provisionales entre mangueras se efectuarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

El tendido de las mangueras de suministro eléctrico no coincidirá con el de suministro provisional de agua, si existiera.



7.3.15.3. Interruptores de la instalación provisional de obra.

MEDIDAS PREVENTIVAS

Se ajustarán expresamente, a lo especificado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta con cerradura de seguridad.

Las cajas de interruptores poseerán adherida sobre su puerta una señal normalizada de "Peligro, electricidad".

Las cajas de interruptores serán colgadas, bien de los paramentos verticales, bien de pies derechos estables.

7.3.15.4. Cuadros eléctricos de la instalación provisional de la obra.

MEDIDAS PREVENTIVAS

Serán metálicos de tipo para la intemperie, con puerta y cerraja de seguridad con llave, según la Norma UNE-20324.

Pese a ser de tipo para la intemperie, protegerán del agua de lluvia mediante viseras eficaces como protección adicional.

Los cuadros metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Poseerán adheridas sobre la puerta una señal normalizada de "Peligro, electricidad".

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o a pies derechos firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general, se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante, calculados expresamente para realizar la maniobra con seguridad.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie para número determinado según el cálculo realizado.

Los cuadros eléctricos estarán dotados de enclavamiento eléctrico de apertura.



7.3.15.5. Tomas de tierra

MEDIDAS PREVENTIVAS

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma a tierra. El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma a tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma a tierra, siempre estará protegido con un macarrón de colores amarillo y verde. Se prohibirá la utilización del mismo para otros usos.

La toma de tierra de las máquinas o herramientas que no estén dotadas de doble aislamiento se efectúa mediante hilo neutro en combinación con el cuadro de distribución correspondiente y el cuadro general de obra.

Las tomas de tierra calculadas estarán situadas en el terreno de tal forma que su funcionamiento y eficacia sea el requerido por la instalación.

Las tomas eléctricas de cuadros eléctricos generales distintos, serán independientes eléctricamente.

7.3.15.6. Tareas para el mantenimiento y reparación de la instalación

MEDIDAS PREVENTIVAS

El personal de mantenimiento de la instalación será electricista, estando en posesión del carné profesional correspondiente.

Toda la maquinaria eléctrica se revisará periódicamente, y en especial en el momento en el que se detecte un fallo, momento en el que se la declarará “fuera de servicio”, mediante la desconexión eléctrica y el cuelgue del rótulo correspondiente en el cuadro de gobierno.

La maquinaria eléctrica, será revisada por personal especialista en cada tipo de máquina.

No se admitirán las revisiones o reparaciones bajo corriente. Antes de iniciar una reparación se desconectará la máquina de la red eléctrica instalando en el lugar de conexión un letrero visible, en el que se lea: “No conectar, hombre trabajando en la red”.

La ampliación o modificación de líneas, cables y similares, sólo la efectuarán los electricistas.



Los cuadros eléctricos de distribución, se ubicarán siempre en lugares de fácil acceso, sobre pies derechos, y se ubicarán a un mínimo de 2 m del borde de excavaciones, bordes de talud, etc.

Se prohíbe expresamente que quede aislado un cuadro eléctrico por variación o ampliación del movimiento de tierras, provocándose en este caso un aumento del riesgo de las personas que deban acercarse a él.

Los postes provisionales de los que colgar las mangueras no se ubicarán a menos de 2 m del borde de excavaciones, o coronación de talud.

Los cuadros eléctricos en servicio permanecerán cerrados con cerradura de seguridad triángulo.

No se admitirá la utilización de fusibles rudimentarios. Hay que utilizar “piezas fusibles normalizadas” adecuadas a cada caso.

Se conectarán a tierra las carcasas de los motores o máquinas.

PROTECCIONES COLECTIVAS

Señalización y delimitación de la zona de trabajos. Dispositivos de corte y cierre automático. Tomas de puesta a tierra. Banquetas y alfombras aislantes.

PROTECCIONES PERSONALES

Casco de seguridad Guantes de cuero Guantes aislantes. Calzado de seguridad, con refuerzo metálico en puntera y suela Botas aislantes. Ropa de trabajo Cinturón portaherramientas

7.3.16. Instalación de fontanería y saneamiento

ANÁLISIS DE RIESGOS

Caída de personas al mismo o a distinto nivel Cortes y golpes con herramientas. Heridas en extremidades superiores Atrapamientos y aplastamientos Quemaduras por la utilización de sopletes Incendio. Explosiones. Infecciones (en trabajos en la red de saneamiento). Intoxicaciones por inhalación de vapores tóxicos (productos químicos, pegamentos, colas, etc.)

Hay que añadir los riesgos propios en los trabajos de excavación de zanjas, trabajos de albañilería (ejecución de arquetas y pozos de registro) y trabajos de soldadura.

MEDIDAS PREVENTIVAS



Las zonas de carga se mantendrán siempre limpias y ordenadas.

El acopio de materiales se realizará de forma que quede asegurada su estabilidad.

El lugar donde se almacenen será capaz de resistir el peso de las piezas, siendo horizontal, evitando así riesgos que se puedan volcar.

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome, y se señalará la zona mediante señales de “Peligro cargas suspendidas”, sobre pies derechos.

Se dispondrá de plataformas de trabajo debidamente aplomadas y arriostradas a partes de la estructura ya ejecutadas, y dotadas de barandillas de protección, con barra intermedia y rodapié, así como de cuerdas de poliamida (de 16 mm como mínimo) o cables fiadores para el enganche de los mosquetones de los arneses, cuando se requiera trabajar a alturas mayores de 1.50 m o de difícil acceso con riesgo de caída al vacío.

El personal dispondrá de arnés de seguridad durante toda la ejecución de los trabajos en altura, incluso durante el montaje y desmontaje de otros elementos de protección. Y se medirán y valorarán en perfecto estado de uso. Para el enganche del mosquetón se dispondrá de cuerdas fiadoras de poliamida tipo alpinista (mínimo de 16 mm) anudadas con nudos de marinero, o cables fiadores debidamente sujetos a partes sólidas de la estructura, y que permitan la mayor movilidad posible a los trabajadores.

Los mosquetones serán de acero calibrado, con una boca de apertura de 12mm como mínimo.

PROTECCIONES COLECTIVAS

Andamiajes, debidamente arriostrados, calzados y sujetos a puntos sólidos de la estructura ya ejecutada, dotados de módulos de escalera en andamiajes que superen los 4 m de altura, y de barandillas de protección en las plataformas de trabajo superiores. Barandillas de protección en huecos y líneas de fachado o bordes de forjado.

Líneas de vida o cables fiadores para el enganche del mosquetón del cinturón o arnés de seguridad.

PROTECCIONES PERSONALES

Casco de polietileno. Guantes de cuero. Calzado de seguridad, con refuerzo metálico en puntera y suela Ropa de trabajo. Trajes para tiempo lluvioso Mascarilla anti polvo. Gafas antiproyecciones. Cinturón portaherramientas. Cinturón o arnés de seguridad.



7.3.17. Montaje de vidrio estructural, carpintería exterior e interior

ANÁLISIS DE RIESGOS

Caída de personas al mismo y a distinto nivel. Caída de personas y objetos desde altura. Caída de materiales y de pequeños objetos en la instalación. Golpes de objetos. Heridas en extremidades inferiores y superiores. Riesgo de contacto eléctrico directo en la conexión de las máquinas herramientas. Proyecciones en los ojos.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS

Uso de medios auxiliares adecuados para la realización de los trabajos (escaleras, andamios, etc.)

Las zonas de trabajo estarán ordenadas.

La Carpintería se asegurará convenientemente en los lugares donde vayan a ir hasta su fijación definitiva.

PROTECCIONES PERSONALES

Casco de polietileno. Guantes de cuero. Calzado de seguridad, con refuerzo metálico en puntera y suela Ropa de trabajo. Mascarilla anti polvo. Gafas antiproyecciones. Cinturón portaherramientas. Cinturón o arnés de seguridad.

7.3.18. Montaje de vidriería

ANÁLISIS DE RIESGOS

Caída de personas a diferente nivel. Caída del material. Cortes en extremidades inferiores y superiores o en otras partes del cuerpo Atrapamientos o aplastamientos en la carga/descarga, transporte y montaje Golpes, atrapamientos. Rotura del material. Proyección de fragmentos de material Sobreesfuerzos.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS

Al efectuarse el trabajo desde dentro del edificio se mantendrá la zona limpia y ordenada. Se emplearán ventosas y durmientes de goma durante el montaje.

PROTECCIONES PERSONALES

Casco de polietileno. Guantes de cuero. Uso de muñequeras o manguitos de cuero. Ropa de trabajo. Cinturón portaherramientas



7.3.19. Trabajos de albañilería

ANÁLISIS DE RIESGOS

Caídas de personas, objetos u herramientas al mismo nivel, desde altura, o a distinto nivel. Proyección de partículas. Sobreesfuerzos por posturas obligadas. Atrapamientos de los pies y las manos. Aplastamientos. Golpes contra objetos. Cortes por el manejo de objetos y herramientas manuales Dermatitis por contacto con el cemento. Contactos eléctricos directos o indirectos. Los derivados de la ejecución de trabajos en ambientes pulverulentos.

MEDIDAS PREVENTIVAS

Las zonas de carga se mantendrán siempre limpias y ordenadas.

El acopio de materiales se realizará de forma que quede asegurada su estabilidad.

El lugar donde se almacenen será capaz de resistir el peso de las piezas, siendo horizontal, evitando así riesgos que se puedan volcar.

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome, y se señalizará la zona mediante señales de “Peligro cargas suspendidas”, sobre pies derechos.

Para los huecos de distintos tamaños (arquetas, pozos, chimeneas, canalizaciones, etc.), se utilizarán tapas de resistencia garantizada, y que no puedan desplazarse con facilidad.

Se dispondrá de plataformas de trabajo debidamente aplomadas y arriostradas a partes de la estructura ya ejecutadas, y dotadas de barandillas de protección, con barra intermedia y rodapié, así como de cuerdas de poliamida (de 16 mm como mínimo) o cables fiadores para el enganche de los mosquetones de los arneses, cuando se requiera trabajar a alturas mayores de 1.50 m, o de difícil acceso con riesgo de caída al vacío.

El personal dispondrá de arnés de seguridad durante toda la ejecución de los trabajos en altura, incluso durante el montaje y desmontaje de otros elementos de protección. Y se medirán y valorarán en perfecto estado de uso. Para el enganche del mosquetón se dispondrá de cuerdas fiadoras de poliamida tipo alpinista (mínimo de 16 mm) anudadas con nudos de marinero, o cables fiadores debidamente sujetos a partes sólidas de la estructura, y que permitan la mayor movilidad posible a los trabajadores.

Los mosquetones serán de acero calibrado, con una boca de apertura de 12mm como mínimo.



PROTECCIONES COLECTIVAS

Andamios, debidamente arriostrados, calzados y sujetos a puntos sólidos de la estructura ya ejecutada, dotados de módulos de escalera de andamios que superen los 4 m de altura, y de barandillas de protección en las plataformas de trabajo superiores. Barandillas de protección en huecos y líneas de fachado o bordes de forjado. Líneas de vida o cables fiadores para el enganche del mosquetón del cinturón o arnés de seguridad.

PROTECCIONES PERSONALES

Casco de polietileno. Guantes de cuero. Calzado de seguridad, con refuerzo metálico en puntera y suela. Botas de goma con piso y puntera metálica. Botas de agua. Ropa de trabajo. Trajes para tiempo lluvioso. Mascarilla anti polvo. Gafas antiproyecciones. Cinturón antivibratorio. Cinturón portaherramientas. Cinturón o arnés de seguridad.

7.3.20. Trabajos con pinturas, disolventes, barnices y otras imprimaciones

ANÁLISIS DE RIESGOS

Intoxicaciones por emanaciones de vapores. Explosiones e incendios. Salpicaduras a la cara en su aplicación, sobre todo en techos. Caída al mismo nivel por uso inadecuado de los medios auxiliares. Fontanería. Golpes contra objetos.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS

Al realizarse el tipo de acabado descrito al inicio no hace falta protecciones colectivas específicas, solamente el uso adecuado de los andamios de borriquetas y de las escaleras.

El almacén de los disolventes y pinturas permanecerá en lugar alejado de la obra, ventilado y se le dotará de extintor de polvo polivalente; no obstante, como norma general, se prohibirá la obra como lugar de almacenaje de estos productos, salvo los que se utilicen diariamente, de manera que se disminuya el riesgo.



PROTECCIONES PERSONALES

Se usarán gafas para los trabajos de pintura en los techos. Uso de mascarilla protectora en los trabajos de pintura

En los talleres de lacado se usarán mascarillas con filtro protector frente a partículas de disolventes.

7.3.21. Recuperación ambiental, acabados y reposiciones de accesos

ANÁLISIS DE RIESGOS

Colisiones o atropellos entre o por los vehículos y maquinaria empleada con vehículos ajenos a la obra en vías de circulación abiertas al tráfico. Maquinaria fuera de control. Atrapamientos. Caídas de personas u objetos al mismo o a distinto nivel. Golpes por movilidad de maquinaria. Ruido. Deslizamientos de maquinaria Vuelco de la máquina. Caídas por pendientes Incendio. Proyección de objetos y partículas. Caídas de personas desde la máquina. Cuerpos extraños en ojos

MEDIDAS PREVENTIVAS

La zona de trabajo deberá estar perfectamente señalizada con el fin de evitar colisiones e interferencias con el tráfico.

Los operarios deberán ir provistos de los equipos de protección individual, y vestirán chalecos reflectantes con el fin de propiciar su perfecta visibilidad.

El personal debe conocer el correcto manejo y utilización de la pequeña maquinaria y equipos de trabajo a emplear en los trabajos.

Se aplicarán cuantas medidas sean necesarias en función de la maquinaria, medios auxiliares y herramientas a utilizar que se describen en los distintos apartados.

PROTECCIONES COLECTIVAS

Señalización y balizamiento del área de trabajo. Plataformas de trabajo dotadas de barandillas reglamentarias en lugares de difícil acceso.

PROTECCIONES PERSONALES

Casco de polietileno. Guantes de cuero. Botas de seguridad. Botas de agua. Ropa reflectante. Trajes para tiempo lluvioso. Gafas de seguridad y mascarilla de protección. Protector auditivo