



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Eléctrica

PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN
TÚNEL DE AUTOPISTA

PROJECT OF ELECTRICAL INSTALLATION OF A HIGHWAY TUNNEL

Autor: Neel Marck Vargas Eufrazio

Tutores: Norberto Redondo Melchor
Roberto C. Redondo Melchor

Septiembre 2017

INDICE

I.	MEMORIA	12
A.	Introducción y objeto del proyecto	13
a.	Objeto.....	13
b.	Peticionario.....	13
c.	Emplazamiento	14
B.	Normativa aplicada.....	14
C.	Necesidades y prestaciones de las instalaciones requeridas	16
D.	Soluciones adoptadas	16
E.	Plazo y diagrama de ejecución	19
F.	Resumen de presupuesto.....	20
G.	Conclusión a la Memoria y firma.....	21
II.	ANEJO DE MEDIA TENSIÓN.....	22
A.	INTRODUCCIÓN Y OBJETO	23
B.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN.....	23
C.	CENTROS DE SECCIONAMIENTO (C.S.)	26
a.	Emplazamiento.....	27
b.	Características principales del CS tipo.....	27
c.	Edificio prefabricado del CS tipo	28
d.	Celdas de alta tensión	29
1.	De Línea.....	29
2.	De Medida.....	30
3.	De Remonte.....	31
e.	Instalaciones de Puesta a Tierra (PaT) para el CS	31
1.	Resistividad media del terreno	31
2.	Cálculo de la resistencia del sistema de tierra de protección (masas)	31
3.	Cálculo de la intensidad de defecto y tensión de defecto a tierra.....	32
4.	Cálculo de las tensiones de paso.....	33
5.	Cálculo de las tensiones de contacto	33
6.	Diseño del electrodo	34
7.	Materiales a utilizar.....	34
f.	Contabilización de consumos. Tipo y ubicación de contadores.....	35
D.	LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DESDE C.S. HASTA C.T.	35
a.	Cálculos eléctricos.....	37
1.	Intensidad de Cortocircuito.....	37
2.	Intensidades de cortocircuito admisibles en las pantallas.....	37

3.	Caída de tensión	38
4.	Pérdida de Potencia	39
E.	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (C.T.).....	40
a.	Emplazamiento y características del recinto	40
b.	Celdas de alta tensión	42
1.	De conmutación automática	42
2.	De protección de transformador	43
c.	Transformador	44
d.	Interconexión celda – transformador.....	46
e.	Fusibles limitadores de M.T.	46
f.	Interconexión transformador – Cuadro Baja Tensión (CBT).....	47
g.	Instalaciones de Puesta a Tierra (PaT) para el CT	47
1.	Cálculo de la resistencia del sistema de tierra de protección (masas)	47
2.	Cálculo de la intensidad y la tensión de defecto a tierra	48
3.	Cálculo de las tensiones de paso.....	49
4.	Cálculo de las tensiones de contacto	50
5.	Diseño del electrodo y verificación de resultados	50
6.	Puesta a tierra del neutro del transformador	51
7.	Separación entre puestas a tierra	53
8.	Materiales a utilizar.....	53
h.	Materiales de seguridad y de primeros auxilios	53
F.	CONCLUSIÓN Y FIRMA	55
III.	ANEJO DE BAJA TENSIÓN.....	56
A.	INTRODUCCIÓN Y OBJETO	57
B.	NORMATIVA APLICADA.....	57
C.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN.....	57
a.	Clasificación de los locales	57
b.	Previsión de cargas	58
D.	RECINTO DE PROTECCIÓN Y CONTROL	59
a.	Descripción de la instalación	59
b.	Líneas generales de alimentación	59
1.	Canalizaciones.....	61
c.	Cuadro general de mando y protecciones (C_GMP).....	61
d.	Disposiciones especiales para los locales clasificados	62
e.	Puesta a tierra	62
f.	Alumbrado interior ordinario y de emergencia.....	63
g.	LOGO! SIEMENS	63

E. RECINTO DE GRUPO ELECTRÓGENO Y SAI.....	64
a. Descripción de la instalación	64
b. Grupo electrógeno	65
1. Características generales.....	65
2. Protecciones eléctricas y puestas a tierra.....	66
3. Sistema de conmutación	67
4. Suministro de combustible.....	68
5. Gases de escape	68
c. Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)	69
1. Características generales.....	69
2. Protecciones eléctricas y puestas a tierra.....	70
3. Sistema de conmutación	71
d. Baterías de condensadores para corrección del factor de potencia	71
1. Características generales.....	71
2. Protecciones eléctricas y puestas a tierra.....	72
e. Disposiciones especiales para los locales clasificados	72
f. Alumbrado interior ordinario y de emergencia.....	73
G. CÁLCULOS ELÉCTRICOS	73
a. Método de cálculo de intensidades admisibles y caídas de tensión.....	73
b. Método de cálculo de sección por corriente cortocircuito	74
c. Resultados obtenidos	78
H. CONCLUSIÓN Y FIRMA	79
IV. ANEJO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE INCENDIOS.....	80
A. INTRODUCCIÓN Y OBJETO	81
B. NORMATIVA APLICADA.....	81
C. VENTILACIÓN PARA DILUCIÓN DE CO.....	81
a. Ventilación longitudinal: caudales	81
1. Caudal Túnel Sur.....	81
2. Caudal Túnel Norte.....	81
b. Selección y ubicación de ventiladores	81
1. Ventiladores Túnel Sur	82
2. Ventiladores Túnel Norte	82
D. EXTRACCIÓN DE HUMOS DE INCENDIO Y CONTROL DEL CALOR	83
a. Ubicación y caudales de los pozos de extracción	83
b. Selección de ventiladores extractores.....	84
c. Circuitos para la ventilación y extracción	85
E. ALIMENTACIÓN Y CONTROL DE VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN	85

a.	Componentes del sistema de detección	85
1.	Detectores: tipos y ubicación.....	85
2.	Centralita: características principales	89
b.	Características generales de la instalación: canalizaciones y conductores...	92
1.	Cableado de alimentación.....	92
2.	Cableado de control y detección.....	93
F.	CONCLUSIÓN Y FIRMA	94
V.	ANEJO DE ALUMBRADO INTERIOR	95
A.	INTRODUCCIÓN Y OBJETO	96
B.	NORMATIVA APLICADA.....	96
C.	DISEÑO LUMINOTÉCNICO.....	96
a.	Niveles de iluminación requeridos.	96
b.	Distribución del alumbrado según niveles requeridos	96
c.	Luminarias del alumbrado de seguridad/emergencia.....	97
d.	Lámparas y equipos auxiliares. Luminarias	98
e.	Distribución y posición de las luminarias en los Túneles.....	99
f.	Sistemas de encendido y apagado	100
D.	CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL DISEÑO, EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	102
a.	Criterios de eficiencia en el diseño del nuevo alumbrado.....	102
1.	Factor de utilización	102
2.	Factor de mantenimiento y flujo.....	103
3.	Eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares.....	103
4.	Eficiencia de las luminarias	104
5.	Niveles de iluminación alcanzados.....	104
6.	Deslumbramientos	106
b.	Calificación energética de la instalación	106
1.	Eficiencia energética de la instalación	106
2.	Índice de eficiencia energética.....	107
3.	Índice de consumo energético	107
4.	Categoría energética asignada	108
c.	Valoración del consumo eléctrico esperado.....	108
E.	CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS	108
a.	Nivel de alumbrado nocturno	110
b.	Nivel de alumbrado diurno	111
c.	Nivel de alumbrado para día nublado	115
d.	Alumbrado de seguridad.....	117

e.	Alumbrado interior	119
F.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	119
a.	Líneas.....	119
1.	Canalizaciones	119
2.	Conductores activos y de puesta a tierra	122
b.	Cálculos eléctricos	136
1.	Método de cálculo de intensidades admisibles y caídas de tensión	136
2.	Resultados obtenidos, circuito de Iluminación	139
G.	CONCLUSIÓN Y FIRMA	142
VI.	ANEJO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN	143
A.	INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL ANEJO.....	144
B.	NORMATIVA APLICADA.....	144
C.	IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS Y CANTIDADES	144
D.	MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DE RESIDUOS EN OBRA.....	145
E.	Reutilización, valorización o eliminación de residuos de obra.....	147
a.	Medidas de Reutilización Previstas	147
b.	Medidas de Valoración de los Residuos Generados.....	147
F.	MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE RESIDUOS EN LA OBRA	147
a.	Medidas de Segregación “in situ” Previstas	147
G.	CONCLUSIÓN Y FIRMA	149
VII.	ANEJO DE CÁLCULOS	150
VIII.	PLIEGO DE CONDICIONES.....	159
A.	PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.....	160
a.	Normativa a aplicar.....	160
b.	Replanteo de la obra	160
c.	Características y obligaciones del contratista	161
1.	Seguridad pública.....	161
2.	Seguridad en el trabajo	161
d.	Control de la obra y Libro de órdenes	162
1.	Datos de la obra	162
2.	Organización.....	162
3.	Subcontratación de obras	163
4.	Mejoras y variaciones del proyecto	163
5.	Recepción del material.....	163
6.	Libro de Órdenes.....	164
e.	Aceptaciones parciales y certificaciones periódicas.....	164
f.	Recepción de la instalación	164

g.	Plazo de garantía	165
B.	PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES	165
a.	Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de media tensión	165
1.	Objeto.....	165
2.	Normas de carácter general.....	166
3.	Normas de carácter técnico	166
4.	Normas de carácter general.....	167
5.	Formas de presentación de las obras.....	167
6.	Acondicionamiento para colocación del C.T y C.S.....	167
b.	Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de baja tensión	170
1.	Objeto y campo de aplicación	170
2.	Ejecución del trabajo.....	170
3.	Materiales	181
4.	Recepción de obra.....	181
c.	Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de ventilación y extracción.....	182
d.	Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de alumbrado interior.....	183
1.	Condiciones generales.....	183
2.	Condiciones técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones eléctricas en baja tensión.....	188
3.	Conductores	190
C.	CONCLUSIÓN Y FIRMA	196
IX.	SEGURIDAD Y SALUD.....	197
A.	CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DE LAS OBRAS.....	198
a.	Descripción de los trabajos.....	198
b.	Coste, plazo de ejecución y mano de obra necesaria	198
c.	Documento de seguridad y salud requerido en fase de proyecto.....	198
B.	PELIGROS DETECTADOS Y RIESGOS ASUMIDOS.....	198
a.	Peligros generales	198
b.	Peligros específicos de cada fase de la obra.....	199
c.	Riesgo de daños a terceros	204
C.	MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA AMINORAR RIESGOS	204
a.	Medidas generales	204
1.	Introducción	204
2.	Obligación del empresario	204

b.	Medidas específicas para cada fase de la obra	208
c.	Medidas frente al riesgo de daños a terceros	217
D.	CONCLUSIÓN Y FIRMA	218
X.	PLANOS.....	219
XI.	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	259
A.	PRESUPUESTO DESGLOSADO.....	260
B.	CUADRO RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	271
C.	NOMBRE Y FECHA	271

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Perfil calzada Tunel Sur.....	16
Ilustración 2:Diagrama de ejecución	19
Ilustración 3: Unifilar de MT	24
Ilustración 4: Emplazamiento Centro de Seccionamiento (C.S.) en entrada del Túnel Sur y Salida del Túnel Norte	27
Ilustración 5: Centros de maniobra y seccionamiento CMS. 15	28
Ilustración 6: CMS Dimensiones de Excavación	29
Ilustración 7: Características -Celda de Línea CGMCOSMOS-L	30
Ilustración 8: Características -Celda de medida CGMCOSMOS-M.....	31
Ilustración 9:Características -Celda de medida CGM-3RB.....	31
Ilustración 10: Puesta a Tierra para C.S.	34
Ilustración 11: Medidas de canalización subterránea para cables de media tensión y circuito de alumbrado exterior de túneles A=35cm, H=70cm	36
Ilustración 12: Ubicación de Caseta Prefabricada para C.T. en medio del Túnel	40
Ilustración 13: Dimensiones de excavación para CT.....	42
Ilustración 14: Celda de Conmutación automática NSM-1 y dimensiones.....	43
Ilustración 15: Celda de Protección del Transformador DM1-C y dimensiones	44
Ilustración 16: Transformador JARA 1000 kVA.....	45
Ilustración 17: Dimensiones Fusible (FLA-P 24/40), D=442mm	47
Ilustración 18: Configuración puesta a tierra de protección CT masas	51
Ilustración 19: Tierra de Protección Neutro del CT.....	52
Ilustración 20: Cuadros, subcuadros y armarios	59
Ilustración 21: Características del conductor RZ1-K	60
Ilustración 22: Conexión LOGO! SIEMENS	64
Ilustración 23: Dimensiones Grupo Electrónico	66
Ilustración 24: Programación LOGO! Vigilancia de red- Conmutador- Iluminación de Emergencia	67
Ilustración 25: Conmutador OMD 300.....	68
Ilustración 26: Tubo flexible para gases de escape.....	69
Ilustración 27: SAI LEGRAND 310460.....	70
Ilustración 28: Batería de condensadores	72
Ilustración 29: Máxima caída de tensión para alumbrado y fuerza	74
Ilustración 30: Dimensiones y Pesos de los Ventiladores	83
Ilustración 31: Ubicación y numeración de los ventiladores	83
Ilustración 32: Ubicación y numeración de los extractores	84
Ilustración 33: Dimensiones del Extractor	85
Ilustración 34: Detector de humo y temperatura SecuriStar MCD 573X-SP	87
Ilustración 35: Detector de CO RS485.....	89
Ilustración 36: Ubicación y nombre de detectores CO y TH - Vista Planta	89
Ilustración 37: Programación LOGO! Ventilación y Extracción -Sur	91
Ilustración 38: Programación LOGO! Ventilación y Extracción -Norte	91
Ilustración 39: Escalones de iluminación para túnel Norte y Sur – vista planta	97
Ilustración 40: Luminaria para Emergencia y/o Seguridad LED- BGP490 LLM3200/840 I DTS 9007	97
Ilustración 41: Luminaria para Emergencia y/o Seguridad permanente 662433 B65LED	98
Ilustración 42: Luminaria para iluminación a lo largo del túnel ECO226-3S/757.....	98
Ilustración 43: Luminaria para iluminación exterior al túnel BGP322 T35.....	99

Ilustración 44: Programación LOGO! Iluminación día, nublado, noche y exterior del túnel.....	101
Ilustración 45: Programación LOGO! Iluminación de emergencia y conmutador.....	101
Ilustración 46: Salida Sur y Entrada Norte – perfil derecho	109
Ilustración 47: Distribución de LED- BGP322 t35 (luminarias exteriores del túnel con su respectiva numeración - Vista planta	110
Ilustración 48: LED- BGP322 t35 (Luminarias exteriores) – perfil izquierdo	111
Ilustración 49: Perfil de luminancias por zonas a lo largo del túnel.....	111
Ilustración 50: Comparación de Luminancia Requerida y Obtenida- Nivel DÍA (Soleado) SUR.....	114
Ilustración 51: Comparación de Luminancia Requerida y Obtenida- Nivel Día (Soleado) NORTE	115
Ilustración 52: Comparación de Luminancia Requerida y Obtenida- Nivel Nublado SUR	116
Ilustración 53: Comparación de Luminancia Requerida y Obtenida- Nivel Nublado NORTE	117
Ilustración 54: Distribución de Flow LED- BGP490 LLM3200/840 I DTS 9007 (luminarias nivel Seguridad) a lo largo de los túneles y pasillos de evacuación– vista planta.....	118
Ilustración 55:Distribución y numeración para las luminarias B65LED LVS2 (alumbrado de emergencia permanente)-vista planta.....	118
Ilustración 56: Distribución de Flow LED- BGP490 LLM3200/840 I DTS 9007 (luminarias interiores) – vista planta.....	119
Ilustración 57:Distribución de ECO226-3S/757(luminarias principales) con sus respectivas numeraciones - vista planta	122

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Densidades máximas de corriente para Línea desde CS hasta CT.....	37
Tabla 2: Intensidad de cortocircuito en pantalla para Línea desde CS hasta CT.....	38
Tabla 3: Resistencia y reactancia para el conductor que va desde CS hasta CT.....	39
Tabla 4: Características eléctricas para el transformador en el CT	45
Tabla 5: Características eléctricas para conductor desde Celda hasta Transformador	46
Tabla 6: Elección Fusible Limitador M.T. (FLA-P 24/40)	46
Tabla 7: Características eléctricas para conductor desde Transformador hasta CBT .	47
Tabla 8: Impedancias equivalentes para cada nivel de tensión tipo de puesta a tierra	48
Tabla 9: Previsión de cargas.....	58
Tabla 10: Características eléctricas de conductor desde CBT hasta C_GMP	61
Tabla 11: Características del Grupo electrógeno	65
Tabla 12: Características eléctricas del conmutador	68
Tabla 13: Características de tubo para gases de escape.....	69
Tabla 14: Características eléctricas del SAI	70
Tabla 15: Coeficiente para obtener var necesario de batería de condensadores.....	71
Tabla 16: Características del conductor para la batería de condensadores	71
Tabla 17: Características de batería de condensadores	72
Tabla 18: Características de Ventilador para Túnel Sur	82
Tabla 19: Ubicación de los Ventiladores JZR 7-22/7 para el Túnel Norte.....	82
Tabla 20: Características de Extractor para Túnel Sur y Norte	84
Tabla 21: Elección de superficie mínima de vigilancia de los detectores de calor.....	86
Tabla 22: Elección de superficie mínima de vigilancia de los detectores de humo.....	86
Tabla 23: Características de detectores de humo y temperatura SecuriStar MCD 573X-SP.....	87
Tabla 24: Posición de luminarias por escalones- Sur.....	99
Tabla 25: Posición de luminarias por escalones- Norte.....	100
Tabla 26: Clasificación de tipo de vía.....	102
Tabla 27: Clase de alumbrado	102
Tabla 28: Luminancia alcanzada por zona y escalón - Túnel Sur Nivel DÍA (soleado)	104
Tabla 29: Luminancia alcanzada por zona y escalón - Túnel Sur Nivel NUBLADO... ..	104
Tabla 30: Luminancia alcanzada por zona y escalón - Túnel Sur Nivel NOCHE.....	104
Tabla 31: Luminancia alcanzada por zona y escalón - Túnel Sur Nivel EMERGENCIA	105
Tabla 32: Luminancia alcanzada por zona y escalón - Túnel Norte DÍA	105
Tabla 33: Luminancia alcanzada por zona y escalón - Túnel Norte NUBLADO	105
Tabla 34: Luminancia alcanzada por zona y escalón - Túnel Norte NOCHE.....	105
Tabla 35: Luminancia alcanzada por zona y escalón - Túnel Norte EMERGENCIA..	106
Tabla 36: Consumo anual de alumbrado	108
Tabla 37: Distancia de seguridad.....	108
Tabla 38: Luminancia necesaria y obtenida - Zona Umbral Nivel DÍA (Soleado) – Túnel Sur y Norte.....	113
Tabla 39: Luminancia necesaria y obtenida - Zona Transición Nivel DÍA (Soleado) – Túnel Sur y Norte.....	113
Tabla 40: Luminancia necesaria y obtenida - Zona Interior y Salida Nivel DÍA (Soleado)– Túnel Sur y Norte	114

Tabla 41: Luminancia necesaria y obtenida por Zonas y Escalones - Nublado Túnel Sur.....	116
Tabla 42: Luminancia necesaria y obtenida por Zonas y Escalones - Nublado Túnel Norte.....	116
Tabla 43: Posición de las luminarias de emergencia a lo largo de cada túnel.....	118
Tabla 44: Factor de corrección por agrupamiento.....	136
Tabla 45: intensidad de cortocircuito admisible para cable de 25 mm ² termoplástico.....	138
Tabla 46: Características de los circuitos Iluminación en Túnel Sur.....	139
Tabla 47: Características de los circuitos iluminación en Túnel Norte.....	140
Tabla 48: Características de los circuitos en el exterior del Túnel.....	141
Tabla 49: Características de los circuitos en pasillos de evacuación y recintos interiores.....	141
Tabla 50: Cuadro General de Mando y Protección	151
Tabla 51: Cuadro de Alumbrado Sur.....	151
Tabla 52: lcc y protecciones C_ALUM_SUR.....	152
Tabla 53: Cuadro de Alumbrado Norte	153
Tabla 54: lcc y protecciones C_ALUM_NOR	154
Tabla 55: Cuadro SAI	154
Tabla 56: lcc y protecciones C_SAI	155
Tabla 57: Cuadro de Extracción.....	157
Tabla 58: lcc y protecciones C_EXTRACCIÓN.....	157
Tabla 59: Cuadro de Ventilación.....	158
Tabla 60: lcc y protecciones C_VENTILACIÓN	158

I. MEMORIA

A. Introducción y objeto del proyecto

En los documentos que se presentan en el proyecto se recogen todos los datos y características de diseño que han sido obtenidos como resultado de los cálculos desarrollados en los mismos.

- I: MEMORIA**
- II: ANEJO DE MEDIA TENSIÓN**
- III: ANEJO DE BAJA TENSIÓN**
- IV: ANEJO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE INCENDIOS**
- V: ANEJO DE ALUMBRADO INTERIOR**
- VI: ANEJO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN**
- VII: ANEJO DE CÁLCULOS**
- VIII: PLIEGO DE CONDICIONES**
- IX: SEGURIDAD Y SALUD**
- X: PLANOS**
- XI: MEDICIÓN Y PRESUPUESTO**

a. Objeto

El objeto del presente Trabajo Fin de Grado titulado “Proyecto de Instalación eléctrica de un túnel de autopista” es la construcción y puesta en funcionamiento de las instalaciones proyectadas. Con este TFG se pretende simular un proyecto de la vida profesional, llevando a cabo el dimensionamiento y valoración adecuada las instalaciones eléctricas de distribución de la energía eléctrica en media y baja tensión de los suministros eléctricos a cada uno de los elementos destinados a la construcción de un túnel en una autopista que consta de dos tubos, uno para cada sentido de la circulación, así como, dotación de iluminación de las proximidades de acceso a los túneles mediante su pertinente alumbrado exterior.

b. Peticionario

El presente TFG se redacta por encargo de la “*Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar*”, con el objeto de servir desde el punto de vista académico, al alumno Neel Marck Vargas Eufrazio, para la obtención del título de “*Grado en Ingeniería Eléctrica*”, cumpliendo la normativa vigente y a petición del Área de Ingeniería Eléctrica. Siendo los tutores del presente documento los profesores Norberto Redondo Melchor y Roberto C. Redondo Melchor.

c. Emplazamiento

El túnel se encuentra en la autovía A-50, del término Municipal de CRESPOS-ÁVILA, más detalles en anejo de planos.

B. Normativa aplicada

Para la redacción de este proyecto se han tenido en cuenta los siguientes Reglamentos/Normativas Oficiales:

- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico (R.D. 614/2001 de 8 de junio de 2001, publicado en el BOE de 21 de junio de 2001).
- Real Decreto 105/2008, de 1 de Febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Real Decreto 223/2.008, de 15 de febrero por el que se aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- CIE 88:2004 GUIDE FOR THE LIGHTING OFROAD TUNNELS AND UNDERPASSES
- Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles (Ministerio de Fomento 1999)

- Ley de Carreteras de Castilla y León.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.

- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.
- Ley 21/1992, de 16 de julio de Industria.
- Ley 6/2014, de 12 de septiembre, de Industria de Castilla y León. (BOCyL 19/09/2014)

- Guía de aplicación de pararrayos autoválvulas UNESA.
- NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones
- Centros de Transformación prefabricados.
- Normas y recomendaciones de diseño de aparata eléctrica: CEI 60694 UNE-EN 60694
- Estipulaciones comunes para las normas de aparata de Alta Tensión. CEI 61000-4-X UNE-EN 61000-4-X
- Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida. CEI 62271-200 UNE-EN 62271-200
- Modificaciones a las Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-RAT. (O.M. de 10 de Marzo de 2000) BOE-24-03-2000. Definición de Centro de Transformación Integrado (CTIN).
- RD 1432/2008 de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas complementarias ITCBT.
- Aprobado por Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002, BOE del 18 de septiembre de 2002.
- 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 (B.O.E. de 27 de Diciembre de 2000).
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el suministro de energía de 12 de marzo de 1954. Publicado en el BOE 105 de 15 de Abril y modificaciones del R.D. 724/1979, de 2 de febrero de 1979, publicado el 7 de Abril de 1979. O.M. de 18 de septiembre de 1979, publicado el 27 de septiembre de 1979. R.D. 1725 de 18 de julio de 1984, publicado el 25 de septiembre de 1984.
- Normas UNE/IEC y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de IBERDROLA.

C. Necesidades y prestaciones de las instalaciones requeridas

El túnel de este TFG posee las siguientes características:

- Dos pozos de extracción, una para cada túnel ubicadas en el medio.
- Longitud del túnel interior 600 m y en el exterior 200 m a la entrada y 200 m en la salida.
- IMD (Intensidad Media Diaria de Vehículos por Día): < 2000
- Velocidad máxima en el interior y exterior 100 km/h.
- Número de carriles, túnel dirección al sur (3 carriles) y túnel dirección al norte (2 carriles)

Se tiene los siguientes equipamientos de seguridad con la cual se cumple los requisitos mínimos para su funcionamiento.

- Aceras.
- Salidas de emergencia.
- Drenaje de líquidos tóxicos.
- Iluminación normal.
- Iluminación de seguridad.
- Iluminación de emergencia.
- Ventilación.
- Generadores de emergencia.
- Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI).
- Detectores de CO.
- Detección de incendios.
- Puestos de emergencia.
- Señalización de salidas y equipamientos de emergencia.
- Señalización según Norma 8.1 y 8.2 IC.
- Barreras exteriores.
- Semáforos exteriores.
- Megafonía.
- Red de hidrantes.

D. Soluciones adoptadas

Para satisfacer El plan regional de carreteras 2008/2020 de la junta de Castilla y Leon, adoptamos la siguiente solución para las calzadas.

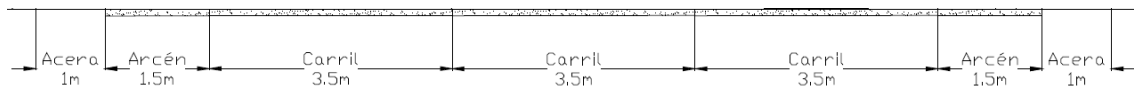


Ilustración 1: Perfil calzada Tunel Sur

Para el Túnel Norte se sigue el mismo criterio que la Ilustración 1, simplemente que en este caso se tendrán solo dos carriles.

Para nuestro túnel tenemos un Galibo de 5 m, por lo tanto superando el mínimo exigido de 4,5 m.

Se tiene dos pasillos de evacuación de tres metros de ancho con sus respectivas señales fotoluminiscentes, iluminación permanente y de seguridad, cumpliendo los requisitos de seguridad.

En los planos se pueden apreciar con mayor detalle las características físicas del túnel que se han descrito.

MEDIA TENSIÓN

Se instalan centros de seccionamiento y medida con sus respectivas celdas, situados uno en cada entrada del túnel. La función de estos centros es doble: en primer lugar, función de entrada de línea con seccionamiento de puesta a tierra; y, en segundo lugar, centro de contabilización de consumos en alta tensión, mediante transformadores de tensión e intensidad y contador de potencia activa trifásico, siguiendo las condiciones de la compañía distribuidora (IBERDROLA).

De los dos centros descritos parten dos líneas, formadas por tres conductores unipolares cada una. Sintetizando, el cable a utilizar será unipolar de aluminio con designación HEPR-Z1 12/20 kV 3*(I*150) mm² H16, que llegan hasta el centro de transformación, situado en los recintos interiores en el centro de los dos túneles. Las dos líneas se conmutan en una celda de conmutación automática. En el centro de transformación contará con sus celdas correspondientes, y posterior a esta el transformador de potencia, de 1000 kVA, siguiendo las condiciones de la compañía distribuidora (IBERDROLA).

BAJA TENSIÓN

A la salida del transformador se colocará el Cuadro de Baja Tensión (CBT), que conectará con el Cuadro General de Mando y protección (C_GMP) a través de la Línea General de Alimentación (LGA) ES07Z1-K(AS)+ 6(4x240mm²). Del C_GMP partirán el resto de cuadros de protecciones.

Se proporcionará servicio ininterrumpido a través de SAI a los servicios indispensables para la seguridad de los usuarios del túnel: iluminación de emergencia/seguridad, señalización, detección de humo y calor, autómatas de control, paneles luminosos, semáforos, barreras y puestos de emergencia.

En el recinto de grupo electrógeno y SAI, se instalará una batería de condensadores para la corrección del factor de potencia de la instalación. Ésta se conectará al cuadro Cuadro General de Mando y protección C_GMP, como una carga más.

Los distintos tipos de iluminación, el encendido de ventiladores y extractores, la detección de humo o incendio, y demás cargas eléctricas estarán controladas por el autómata programable, por lo que en el túnel no será preciso un personal de vigilancia ni operadores.

ILUMINACIÓN

La iluminación del interior de los túneles se ha dividido en diferentes niveles, en función de la luminosidad exterior (Aplicando la norma CIE 88:2004):

- Nivel Soleado: A partir de la salida del sol, para aquellas horas en las que la luminosidad sea abundante >50000 lux.
- Nivel Nublado: a partir de la salida del sol, para aquellas horas en las que la luminosidad sea escasa.

- Nivel Noche: Tras la puesta de sol, para aquellas horas en las que la luminosidad exterior es prácticamente nula.
- Nivel Emergencia: Se activará este nivel si se produce una falta de suministro de energía en las dos líneas de alimentación y/o se detecte un incendio.

El cambio de niveles entre diurnos y nocturnos se realizará mediante un reloj astronómico integrado en el propio sistema de control.

Se utiliza el tipo de alumbrado simétrico evitando el contraflujo que produce deslumbramiento. (La comprobación y valores se hicieron con ayuda del programa Dialux).

VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN

- Ventilación longitudinal: Se encarga de prevenir el riesgo de asfixia o acumulación de gases (gases contaminantes como el monóxido de carbono o los óxidos de azufre). La detección de estos gases se realiza mediante detectores de CO, situados en la parte alta interior de cada túnel.
- Extracción de humos: En caso de incendio, accidente o explosión, donde se produzca gran acumulación de humos y/o calor. Se encarga de evacuar el humo o el calor lo más rápidamente posible con el fin de disminuir el riesgo de asfixia de las personas y puedan ponerse a salvo con menor riesgo. La detección se realiza por medio de detectores de humo y temperatura ubicadas en la parte más alta en el interior de cada túnel. La extracción se ejecuta, a través de un pozo de extracción en cada túnel (6 extractores en cada pozo de extracción).

EQUIPOS DE SEGURIDAD

En el presente TFG también se detallan los equipos e instalaciones destinadas a la seguridad de los usuarios, como son las siguientes:

- Puestos SOS: Se incluyen dos extintores de polvo ABC, una boca de incendios, un teléfono de emergencia, y un pulsador de alarma. Todos estos elementos irán señalizados con los carteles correspondientes.
- Señalización luminosa: Indica la posición de puestos de emergencia y salidas de emergencia.
- Paneles de señalización: Para guiar a los conductores y advertirles de cualquier situación de peligro.
- Megafonía: avisos sonoros para los usuarios del túnel ubicado sobre cada poste SOS.
- Semáforos y barreras: su objetivo es bloquear el acceso al túnel en casos determinados.
- Hidrantes: Para uso de bomberos.

E. Plazo y diagrama de ejecución

Las instalaciones se completarán en un tiempo no superior a 8 SEMANAS, desde el comienzo de las obras para la instalación eléctrica. Se entiende que los fines de manada y festivos son días no laborables.

Los trabajos se realizarán según el siguiente diagrama de Gantt:

A: Excavación (para canalizaciones subterráneas MT/BT)

B: Canalización Subterránea Media Tensión y Baja Tensión

C: Excavación e instalación de Toma de Tierra del C_GMP

D: Centros de Seccionamiento y sus Tomas de Tierra

E: Centro de Transformación y sus Tomas de Tierra

F: Líneas y circuitos de canalizaciones subterráneas

G: Colocación de Alumbrado exterior, equipos de carretera exteriores, Cimentación y Arquetas.

H: Instalación Baja Tensión

I: Instalación Iluminación

J: Instalación ventilación y extracción

K: Detección y control

L: Seguridad

M: Prueba y puesta en marcha

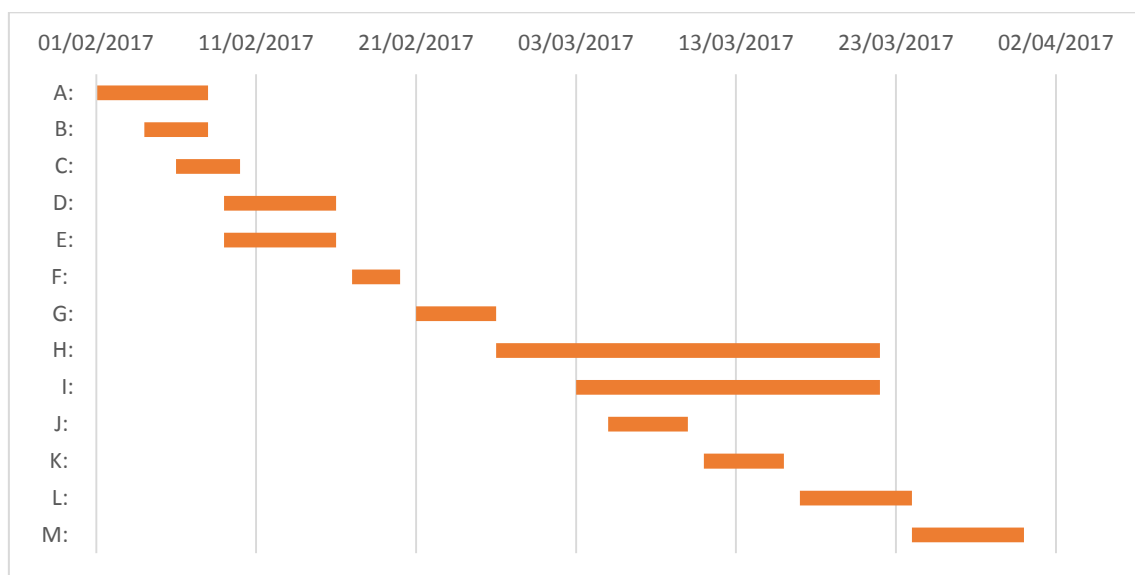


Ilustración 2: Diagrama de ejecución

F. Resumen de presupuesto

Media Tensión	46042
Centro de seccionamiento y medida (CS)	21940
Centro de Transformación (CT)	50725
Baja Tensión	256429.45
Redes de Distribución y cableado	380231.59
Alumbrado del Túnel	1178842
Ventilación y Control de Incendios	523423
Guiado de Tráfico	116328
Seguridad y Salud	4511
Gestión de Residuos	3142
Total de Ejecución Material (€)	2581614.04

Total ejecución material	2581614.04 €
13 % Gastos generales	335610.82 €
6% Beneficio industrial	154896.84 €
21% IVA	103006.4 €
TOTAL PRESUPUESTO	3175127.10 €

Asciende el presupuesto de contrata a la cantidad total de TRES MILLONES CIENTO SETENTA Y CINCO MIL CIENTO VENTISIETE Y DIEZ CÉNTIMOS.

G. Conclusión a la Memoria y firma

Teniendo en cuenta el buen diseño de las instalaciones, los materiales a utilizar, el cumplimiento de las normas y reglamentos vigentes, las especificaciones del peticionario que en este caso el peticionario es la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar y el buen criterio del proyectista.

Llego a la conclusión de que este es un proyecto acorde a las exigencias impuestas por el peticionario y las normas vigentes.

Neel Marck Vargas Eufrazio
En Béjar; Septiembre del 2017.

II. ANEJO DE MEDIA TENSIÓN

A. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

Por encargo de la escuela de Ingenieros Industriales de Béjar, se llega al acuerdo de dar suministro eléctrico a un Túnel de Autopista en la localidad de Crespos en Ávila.

El presente Anejo de Media Tensión de este Trabajo Fin de Grado se lleva a cabo para definir constructivamente los elementos necesarios para llevar las líneas de media tensión hasta el centro de transformación.

B. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

La situamos concretamente en la Autopista A-50 ubicada en el término municipal de Crespos en Ávila.

Cia Suministradora y Tensión de Servicio

La energía eléctrica será suministrada por IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELECTRICA, S.A.U, a la tensión 20 KV. Obtenemos energía eléctrica de la red de Iberdrola en media tensión.

Líneas Subterráneas:

Las líneas subterráneas proyectadas tendrán una longitud en planta de 288 y 314 m desde los enganches a las líneas de Iberdrola en los Centros de Seccionamiento (CS) hasta la entrada al Centro de transformación (CT) y discurrirá por el interior del túnel bajo acera.

El tendido de la línea subterránea de media tensión se realizará de forma que no se curve el cable excesivamente, y caso de realizarse el tendido con esfuerzo de tracción este se aplicará sobre el conductor no sobre el aislamiento, de forma que la tracción no supere los 5 Kg/mm² de la sección del conductor, todo ellos según normas de la compañía.

Para la conexión del conductor a la celda de entrada/remonte se colocarán terminales unipolares para cable seco de interior respectivamente. Las pantallas de los cables se conectarán a la toma de tierra de protección del C.T, descritos en apartado correspondiente.

Se sigue el MI 2.31.01 PROYECTO TIPO DE LINEA SUBTERRÁNEA DE AT HASTA 30 KV IBERDROLA.

El centro de transformación, ubicado en el medio del Túnel, transformamos a baja tensión obteniendo suministro apto para el consumo de nuestra instalación.

Se tiene un diagrama unifilar para mejor comprensión de la instalación de MT en la Ilustración 3.

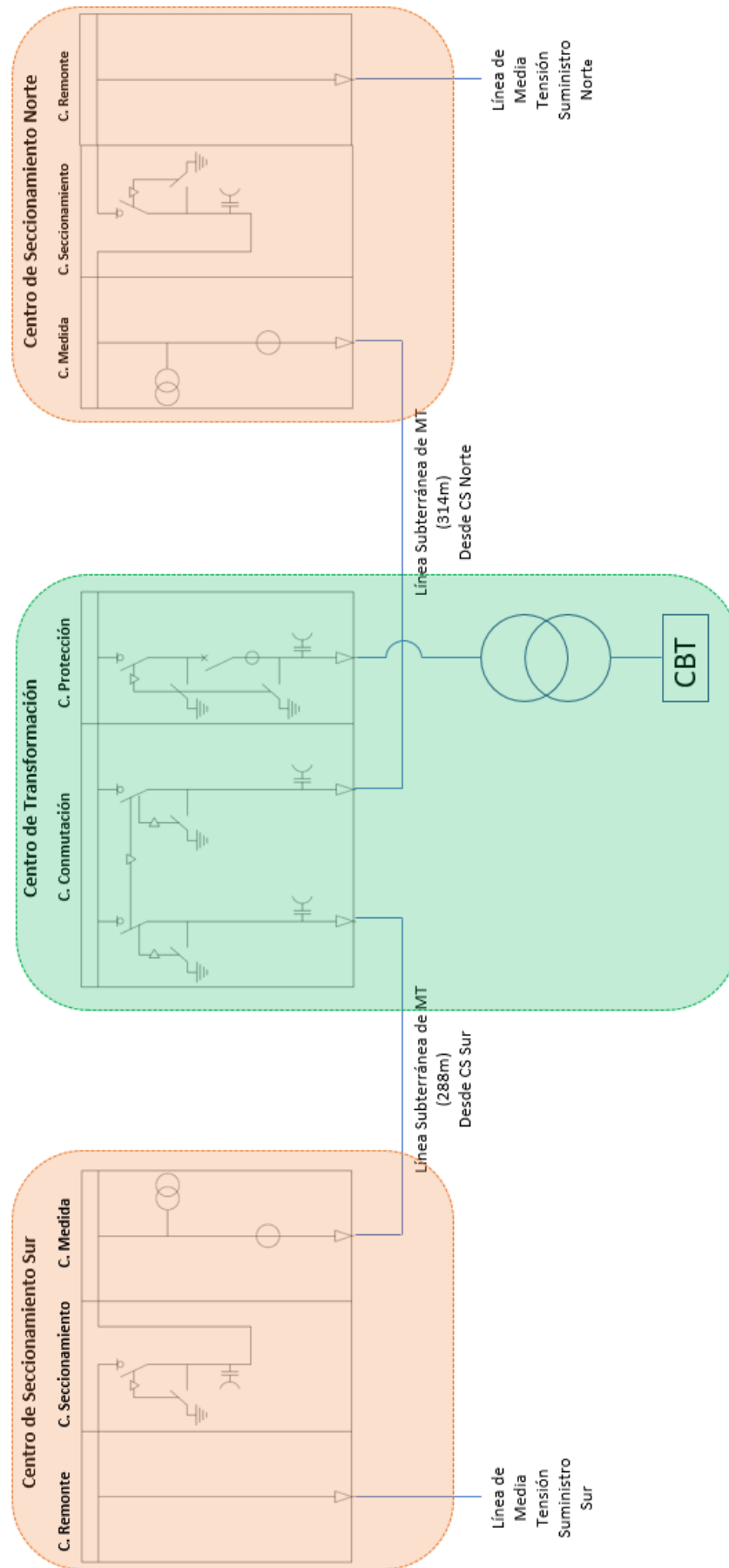


Ilustración 3: Unifilar de MT

Empalmes y Conexiones

Los criterios seguidos en cuanto a empalmes y derivaciones.

En las líneas subterráneas de M.T., se realizarán con terminales unipolares apropiadas para el conductor de 12/20 k.V. y 3x(1 x 150) mm² de sección en Al, recomendadas por el fabricante del conductor y Normas NIDSA.

Canalizaciones Entubadas

En todo su trazado, los conductores irán entubados a una profundidad mínima de 0.7 m., desde la rasante del terreno a la parte superior del conductor o canalización en su caso y 35 cm. de anchura. Siempre que sea posible el cruce se hará perpendicular al eje del vial e irán enterrados con tubos de PVC de 160 mm. de diámetro. Estas deberán quedar debidamente selladas por sus extremos, a la entrada de la arqueta y una guía metida por cada tubo Además se instalará un multitubo, designado como MTT 4x40, según NI 52.95.20, que se utilizará cuando sea necesario, como conducto para cables de control, red multimedia, etc. A este tubo se le dará continuidad en todo su recorrido, al objeto de facilitar el tendido de los cables de control y red multimedia incluido en las arquetas y calas de tiro si las hubiera. En los tramos en que se discurra por la calzada, la apertura de la zanja se realizará previo “corte” del material que configura el acabado del pavimento, mediante maquina cortadora de juntas provista de disco de diamante.

La disposición de materiales en la zanja será la siguiente:

En el fondo de la zanja y en toda su extensión se colocará una solera de limpieza de 5 cm. de espesor de hormigón H 175, sobre la que se depositarán los tubos o conductores dispuestos por planos. A continuación, se colocará otra capa de hormigón de H 175 hasta el nivel del pavimento. Se repondrá el pavimento con el mismo material que existía con anterioridad a la apertura de la zanja con un espesor mínimo de 5 cm. El radio de curvatura después de colocado el cable será como mínimo de 15 veces el diámetro.

En los tramos en que se discurra por acerado, la disposición de materiales en la zanja será la siguiente:

En el fondo de la zanja y en toda su extensión se colocará una solera de limpieza de 5 cm. de espesor de arena lavada, sobre la que se depositarán los conductores o tubos dispuestos por planos. A continuación, se colocará otra capa de arena hasta que cubra las canalizaciones dejando una distancia de 50 cm. hasta el nivel de acabado de la zanja. A continuación, se colocará otra capa de Tierra, arena, todo-uno y zahorra compactada hasta el nivel del acerado si no hay tránsito de vehículos y de hormigón H 175 si es acerado con tránsito de vehículos. Se repondrá el acerado con baldosas iguales o con la mayor similitud a las que existían con anterioridad a la apertura de la zanja. El radio de curvatura después de colocado el cable será como mínimo de 15 veces el diámetro.

En todo el trazado, a una distancia mínima del suelo de 10 cm. y 30 cm. de la parte superior del cable, se colocará una cinta de señalización como advertencia de la presencia de cables eléctricos, las características, color, etc, de esta cinta serán las establecidas en la NI 29.00.01, todo ello según planos adjuntos.

LA ZANJA DE M.T y B.T., discurrirá por el lugar indicado en los planos siempre habrá que dejar un tubo de reserva previsto y multitubo. De acuerdo con Normas NIDSA y planos adjuntos.

Arquetas

En la cabecera de las arquetas se colocarán los marcos y tapas indicadas en planos, debidamente enrasadas con el pavimento y enlucidas por dentro. Los marcos se recibirán con mortero M250.

En la boca de los tubos termoplásticos sin ocupación de cables se colocarán los taponeros correspondientes, debidamente presionados. En los que contengan cables se taponarán sus bocas con espuma de poliuretano u otro procedimiento autorizado por la Distribuidora. Se seguirá, en cualquier caso, las instrucciones dadas por el fabricante.

Se seguirán las instrucciones indicadas en el Proyecto tipo MT 2.31.01. (04-03) de Iberdrola, en el que las arquetas tendrán que dejar una altura libre de 70 cm. para las líneas de baja tensión y deberán ir ciegas para las canalizaciones de Media Tensión cuando se produzcan cambios de dirección. En el caso de que no se produzca cambio de dirección, no se registrará en la arqueta la canalización de Media Tensión.

Condiciones generales para cruzamientos y paralelismo

La zanja tendrá una anchura mínima de 0,35 m para la colocación de dos tubos rectos de 160 mm \varnothing aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar. Cuando se considere necesario instalar tubo para los cables de control, se instalará un tubo más, destinado a este fin.

Se dará continuidad en todo su recorrido, al objeto de facilitar el tendido de los cables de control, incluido en las arquetas y calas de tiro si las hubiera. En las líneas de 20 kV con cables de 400 mm² de sección y las líneas de 30 kV (150, 240 y 400 mm² de sección) se colocarán tubos de 200 mm \varnothing , y se instalarán las tres fases por un solo tubo.

C. CENTROS DE SECCIONAMIENTO (C.S.)

El centro de seccionamiento es una instalación eléctrica compuesta principalmente por una serie de celdas y aparamenta eléctrica de protección y corte. Su función es la de unir la Red eléctrica de compañía, con la instalación particular a la que está dando servicio. Su objetivo es dotar a la instalación de una protección capaz de separarla de la red en caso de incidencia.

El centro de seccionamiento objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltorio metálica según norma UNE-EN 60298.

Los edificios de los centros de seccionamiento que se han adoptado son prefabricados, por estimar que son los que mejor se adaptan al tipo de distribución proyectada y al lugar de la instalación.

Los centros de seccionamiento que se van a instalar cumplen todas las condiciones indicadas en IEC 62271-200 (Aparamenta bajo envoltorio metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV), IEC 62271-102 (Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna), IEC 60529 Grados de protección para envoltorios.

El fabricante debe asegurar que en todos los elementos cumplen las normas UNE correspondientes a cada uno, especificadas en la ITC-RAT-2 NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO.

Para la instalación de los prefabricados de hormigón se requiere haber realizado previamente una excavación en el terreno de las dimensiones que se adjuntan en apartados posteriores.

a. Emplazamiento

Los centros de seccionamiento (C.S.) serán dos, ya que, estarán ubicadas cada uno en un extremo del túnel y desde allí partirán las Líneas de Media Tensión hacia el Centro de Trasmoción. Para mayor detalle de sus respectivas ubicaciones consultar los planos.

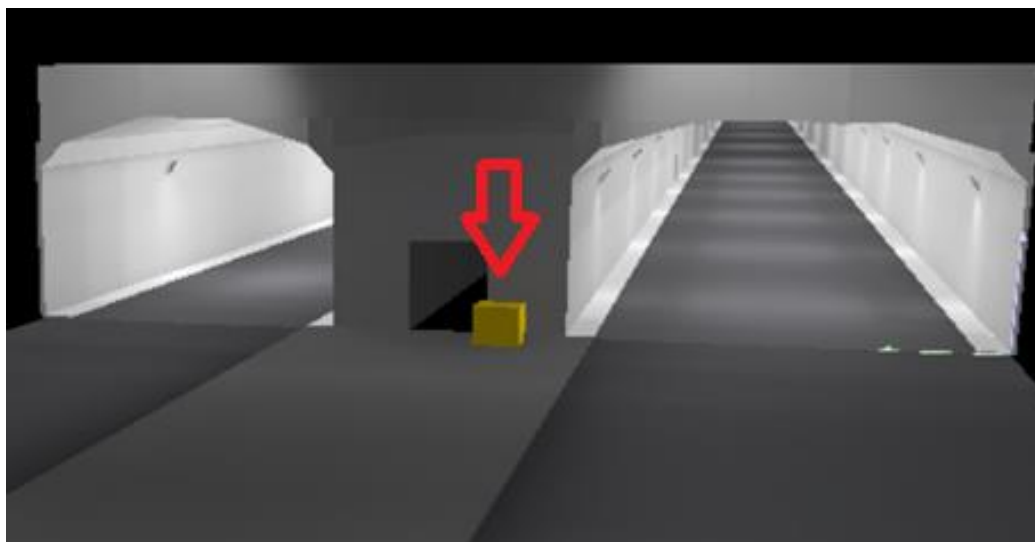


Ilustración 4: Emplazamiento Centro de Seccionamiento (C.S.) en entrada del Túnel Sur y Salida del Túnel Norte

b. Características principales del CS tipo

Dentro del CS estarán instalas tres tipos de celda:

Celda con función de Interruptor: Para la realización de esta función se instalará una celda de Función de Línea, que se describe en apartados posteriores.

Celda de Medida: Se contabilizará el consumo eléctrico en alta tensión, a través de transformadores de tensión e intensidad, y un contador trifásico. Los transformadores vienen incorporados en la celda de medida, que también se describe en apartados posteriores.

Celda de remonte ya que la línea que llega al centro de seccionamiento es subterránea.

c. Edificio prefabricado del CS tipo

Para poder albergar las mencionadas celdas, usaremos una envolvente monobloque de hormigón, el cual tendrá que cumplir la norma IEC / UNE-EN 62271-202 Centros de transformación prefabricados de alta tensión/baja tensión.

Elegimos el Centros de maniobra y seccionamiento de ORMAZABAL CMS.15, envolvente de hormigón Aparamenta de MT: cgmcosmos hasta 24 kV y Unidades de protección, control y medida

Datos Técnicos:

- » Envolvente monobloque de hormigón (base y paredes) más cubierta amovible.
- » Aparamenta de MT con aislamiento integral en gas: Sistema cgmcosmos (hasta 24 kV)
- » Interconexiones directas por cable MT y BT.
- » Circuito de puesta a tierra.
- » Circuito de alumbrado y servicios auxiliares.
- » Equipo de telecontrol (en modelo cms.15)

Tensión asignada [kV] 12/24

Frecuencia [Hz] 50/60

Intensidad asignada [A] 400/600 400/630

Intensidad de corta duración [kA] 16/20

Nivel de aislamiento Frecuencia Industrial [kV] 28/32 50/60

Impulso tipo rayo [kV]CRESTA 75/85 125/145



Ilustración 5: Centros de maniobra y seccionamiento CMS. 15

Dimensiones de la excavación:

Para la instalación del Centro de Maniobra y Seccionamiento CMS se precisa de una excavación, incluyendo el anillo de tierras. Hay que tener en cuenta que no se debe sobrepasar la línea de enterramiento marcada sobre las paredes de la envolvente de hormigón, siendo la altura máxima de enterramiento 510 mm medidos desde su base.

Estas cotas se deben adaptar en cada caso, a la solución adoptada para la red de tierras según plano guía de tierras.

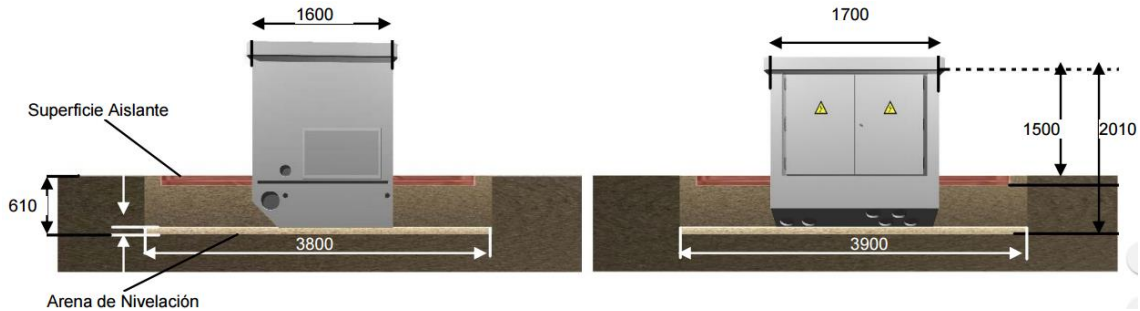


Ilustración 6: CMS Dimensiones de Excavación

d. Celdas de alta tensión

1. De Línea

CGMCOSMOS-L (Función de línea/ seccionamiento): Celda modular con función de línea o acometida, provista de interruptor-seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra).

Acometida de entrada o salida de los cables de Media Tensión, permitiendo comunicar con el embarrado del conjunto general de celdas.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
Tensión asignada*	U_r [kV]	12	24
Frecuencia asignada	f_r [Hz]	50/60	50/60
Corriente asignada			
en barras e interconexión de celdas	I_r [A]	400/630	400/630
acometida	I_r [A]	400/630	400/630
Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial (1 min)			
fase-tierra y entre fases	U_d [kV]	28	50
distancia de seccionamiento	U_d [kV]	32	60
Tensión soportada asignada a impulso de tipo rayo			
fase-tierra y entre fases	U_p [kV]	75	125
distancia de seccionamiento	U_p [kV]	85	145
Clasificación arco interno	IAC AFL	16 kA 1 s / 20** kA 1 s	
Grado de protección	IP	IP33 + IPX7	
Interruptor-Sectionador s/ IEC 60265-1 + IEC 62271-102			
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)			
Valor $t_k = 1$ s o 3 s	I_k [kA]	16/20**/25*	16/20**
Valor de cresta	I_p [kA]	40/52**/62,5*	40/52**
Poder de corte asignado de corriente principalmente activa	I_l [A]	400/630	
Poder de corte asignado de cables en vacío	I_{lc} [A]	50/1,5	
Poder de corte asignado de bucle cerrado	I_{lc} [A]	400/630	
Poder de corte asignado en caso de defecto a tierra	I_{dc} [A]	300	
Poder de corte asignado de cables/líneas en vacío en caso de defecto a tierra	I_{db} [A]	100	
Poder de cierre del interruptor principal (valor de cresta)	I_{ms} [kA]	40/52**/62,5*	40/52**

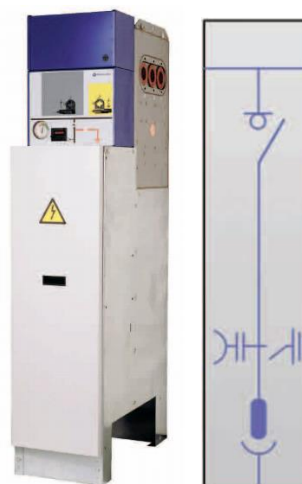


Ilustración 7: Características -Celda de Línea CGMCOSMOS-L

2. De Medida

CGMCOSMOS-M (Función de medida): Celda modular con función de medida.

Alojamiento para transformadores de medida de tensión e intensidad, permitiendo comunicar con embarrado del conjunto general de celdas, mediante cable seco.

- Juegos de barras tripolar de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Entrada lateral inferior izquierda por barras y salida inferior por cable.
- 3 Transformadores de intensidad de relación 45/5 A, 15 VACL.0.5, $I_{th}=200I_n$ y aislamiento 24kV.
- 3 Transformadores de tensión, unipolares, 13,2 kV/110V. Aislamiento 24kV

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS				
Tensión asignada*	U_r	[kV]	12	24
Frecuencia asignada	f_r	[Hz]	50/60	50/60
Corriente asignada				
en barras e interconexión de celdas	I_r	[A]	400/630	400/630
Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial (1 min)				
fase-tierra y entre fases	U_d	[kV]	28	50
Tensión soportada asignada a impulso de tipo rayo				
fase-tierra y entre fases	U_p	[kV]	75	125



Ilustración 8: Características -Celda de medida CGMCOSMOS-M

3. De Remonte

CGM-3RB (Función de remonte): Celda modular, función de remonte de cables al embarrado.

FUNCIÓN DE REMONTE DE BARRAS

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
Tensión nominal [kV]	36
Intensidad nominal	
En barras e interconexión celdas [A]	400 / 630
Acometida Línea [A]	400 / 630
Frecuencia asignada	50 / 60#
Tensión nominal soportada a frecuencia industrial durante 1 min.	
A tierra entre polos y entre bornas del seccionador abierto [kV]	70
A la distancia de seccionamiento [kV]	80
Tensión soportada a impulso de tipo rayo	
A tierra entre polos y entre bornas del seccionador abierto [kV]	170
A la distancia de seccionamiento [kV]	195
Seccionador de Puesta a Tierra s/IEC62271-102	
Intensidad de corta duración (circuito de tierras)	
Valor eficaz 1 s [kA]	16 / 20*
Valor de pico [kA]	40 / 50*
Poder del cierre del Secc. de Puesta a Tierra	40 / 50*
Categoría del Secc. de Puesta a Tierra	
Endurancia Mecánica (maniobras - clase)	1000 - M0 (manual)
Nº de cierres contra cortocircuito (maniobras - clase)	5 - E2



Ilustración 9:Características -Celda de medida CGM-3RB

e. Instalaciones de Puesta a Tierra (PaT) para el CS

1. Resistividad media del terreno

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial = 200Ωm.

2. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra de protección (masas)

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”, editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

La conexión desde el C.S. hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/1 kV protegido contra daños mecánicos (bajo tubo).

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del C.S.

Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r * \rho$$

Donde:

K_r : Según la configuración tipo de electrodo de tierra que utilizaremos será 0,129 obtenido de la anexo 2 A2-3 UNESA 20-20/8/42 Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría.

ρ : Resistividad del terreno : 200 Ωm

Obtenemos: **$R_t = 25.8 \Omega$**

3. Cálculo de la intensidad de defecto y tensión de defecto a tierra

Para estar en el caso más desfavorable según UNESA usamos la fórmula para "Neutro a tierra"(máxima corriente a tierra).

Utilizaremos la siguiente fórmula:

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R)^2 + X_n^2}}$$

Donde:

- I_d : Intensidad de defecto a tierra
- U : Tensión de la red
- R_n : Resistencia de puesta a tierra del neutro proporcionado por la compañía
- R_t : Resistencia del sistema de puesta a tierra
- X_n : Reactancia de puesta a tierra del neutro proporcionado por la compañía

Para estar en el caso más desfavorable según UNESA usamos la fórmula para "Neutro a tierra" (máxima corriente a tierra).

De la norma 2.11.33 de Iberdrola utilizamos de la tabla 5 la reactancia equivalente 25.4 ohm para una tensión nominal de la red de 20KV.

Reemplazando:

$$I_d = \frac{20000}{\sqrt{3} \sqrt{(0+25.8)^2 + 25.4^2}} = 318.93 \text{ A}$$

Utilizaremos la siguiente fórmula:

$$U_d = I_d \times R_t$$

Donde:

- U_d : Tensión de defecto
- I_d : Intensidad de defecto a tierra
- R_t : Resistencia de puesta a tierra

$$U_d = 318.93 * 25.8 = 8228,39 \text{ V}$$

4. Cálculo de las tensiones de paso

- Utilizaremos la siguiente fórmula Tensión de paso de nuestra instalación:

$$U'_{pa} = K_p \times \rho \times I_d$$

Donde:

-**U'pa:** Tensión de paso de nuestra instalación

-Kp : Según la configuración tipo de electrodo de tierra que utilizaremos será 0,0231 obtenido de la anexo 2 A2-3 UNESA Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría.

-Id: Intensidad de defecto a tierra

Obtenemos: $U'_{pa} = 0,0231 * 200 * 318.93 = 1473,45 \text{ V}$

- La **tensión de paso máxima admisible** en el exterior del centro de transformación es la siguiente:

$$U_{pa} = \frac{10 K}{t^n} \left(1 + 6 * \frac{\rho}{1000}\right)$$

Donde:

-**Upa:** Tensiones de paso máxima admisible en V.

-K = 72.

-n = 1.

-t: Duración de la falta en segundos: 0,45 s.

-ρ: Resistividad del terreno.

$$U_{pa} = \frac{10 * 72}{0.45} \left(1 + 6 * \frac{200}{1000}\right) = 3520 \text{ V}$$

Por lo tanto comprobamos que el electrodo que hemos seleccionado cumple $U'_{pa} \leq U_{pa}$

5. Cálculo de las tensiones de contacto

- Utilizaremos la siguiente fórmula Tensión de contacto de nuestra instalación:

$$U'_{p(acc)} = K_c \times \rho \times I_d$$

Donde:

-U'p(acc): Tensión de contacto en nuestra instalación

-Kc : Según la configuración tipo de electrodo de tierra que utilizaremos será 0,0699 obtenido de la anexo 2 A2-3 UNESA Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría.

-Id: Intensidad de defecto a tierra

Obtenemos: $U'p(acc) = 0,0699 \cdot 200 \cdot 318.93 = 4458.64 \text{ V}$

- Utilizaremos la siguiente fórmula Tensión de contacto admisible de nuestra instalación:

$$U_{p(acc)} = \frac{10 K}{t^n} \left(1 + \frac{3 \rho_{tierra} + 3 \rho_{hormigón}}{1000} \right)$$

Donde:

-Up(acc): Tensiones de contacto en el acceso admisible al centro de transformación en V.

-K = 72.

-n = 1.

-t: Duración de la falta en segundos: 0,45 s.

- ρ_{tierra} : Resistividad del terreno.

- $\rho_{hormigón}$: Resistividad del hormigón

Obtenemos: $U_{p(acc)} = \frac{10 \cdot 72}{0,45} \left(1 + \frac{3 \cdot 200 + 3 \cdot 3000}{1000} \right) = 16960 \text{ V}$

Por lo tanto comprobamos que el electrodo que hemos seleccionado cumple $U'p(acc) \leq U_{pacc}$

6. Diseño del electrodo

Cuadrado de 2.0 m x 2.0 m

Sección conductor = 50 mm².
Diámetro picas = 14 mm.
L_p = Longitud de la pica en m.

PROFUNDIDAD = 0'8 m

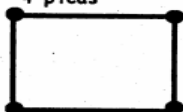
CONFIGURACION	L _p (m)	RESISTENCIA K _r	TENSION DE PASO K _p	TENSION DE CONTACTO EXT K _c = K _p (acc)	CODIGO DE LA CONFIGURACION
Sin picas	-	0.205	0.0331	0.1396	20-20/8/00
 <p>4 picas</p>	2	0.129	0.0231	0.0699	20-20/8/42
	4	0.097	0.0165	0.0456	20-20/8/44
	6	0.078	0.0126	0.0336	20-20/8/46
	8	0.066	0.0102	0.0264	20-20/8/48

Ilustración 10: Puesta a Tierra para C.S.

7. Materiales a utilizar

Conductor desnudo de cobre de 50 mm² de sección (tanto para línea de puesta a tierra como para electrodo horizontal).

- Picas: en todo caso se utilizarán picas de acero-cobre, de dos metros de longitud y 14 mm de diámetro.
- Grapa galvanizada con tornillo de acero inoxidable para la conexión entre conductores.
- Grapa galvanizada de conexión para picas cilíndricas de acero cobre.

f. Contabilización de consumos. Tipo y ubicación de contadores

Para la contabilización de consumos se ha tenido en cuenta las indicaciones de la ITC-BT-16 INSTALACIONES DE ENLACE. CONTADORES: UBICACIÓN Y SISTEMAS DE INSTALACIÓN.

El contador de energía se ubicará en un armario situado en la parte izquierda del C.S., y tanto el armario como el contador deberán cumplir las prescripciones particulares de la empresa distribuidora, Iberdrola, indicadas en la normativa particular NI-42.71.01.

La medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida.

El cuadro de contadores estará formado por un armario de doble aislamiento de Pronutec modelo CMAT-ID de dimensiones 800 mm de alto x 550 mm de ancho y 350 mm de fondo, equipado de los siguientes elementos:

- Contador electrónico de energía eléctrica clase 1 con medida:
 - Activa: monodireccional.
 - Reactiva: dos cuadrantes.
- Registrador local de medidas con capacidad de lectura directa de la memoria del contado. Registro de curvas de carga horaria y cuarto horaria.
- Regleta de comprobación homologada.
- Elementos de conexión.
- Equipos de protección necesarios.

D. LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DESDE C.S. HASTA C.T.

Se incluye las características correspondientes a los tipos constructivos de cable. Todos los tipos constructivos se ajustarán a lo indicado en la norma UNE HD 620 y/o Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC 06.

Los conductores que se emplearán en el tramo de línea subterránea serán de aluminio compacto de sección circular de varios alambres cableados. Serán unipolares protegidos contra la corrosión y tendrán una resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos.

La tensión nominal del cable, para la línea de tensión de servicio en la zona de 20 kV, será de 12/20 kV y su aislamiento será de etileno reticulado HEPRZ1.

Sintetizando, el cable a utilizar será unipolar de aluminio con designación HEPR-Z1 12/20 kV 3*(I*150) mm² H16.

Las líneas derivadas serán prácticamente en subterránea, en total 288m y 314m. Éstas serán mediante cables unipolares alojados en el interior de tubo.

Los cables irán en zanja a una profundidad de acuerdo a la siguiente figura teniendo en cuenta que H= 0,7 m.

Según Iberdrola **MT2.51.01** para canalización bajo acera optamos por el plano N^o5 usaremos 2 tubos uno para la línea de media tensión desde CS hasta CT y otra para los circuitos que llegan hasta las luminarias exteriores del túnel así como para los equipos eléctricos exteriores.

También se seguirán las recomendaciones del Proyecto tipo de línea subterránea de AT hasta 30 KV MT.2.31.01 IBERDROLA.

CANALIZACIÓN ENTUBADA (Asiento de arena)

PLANO N^o 5

Canalización entubada con tubos 160 Ø y cables aislados de 0,6/1 kV
Colocados en un plano

Dimensiones en m

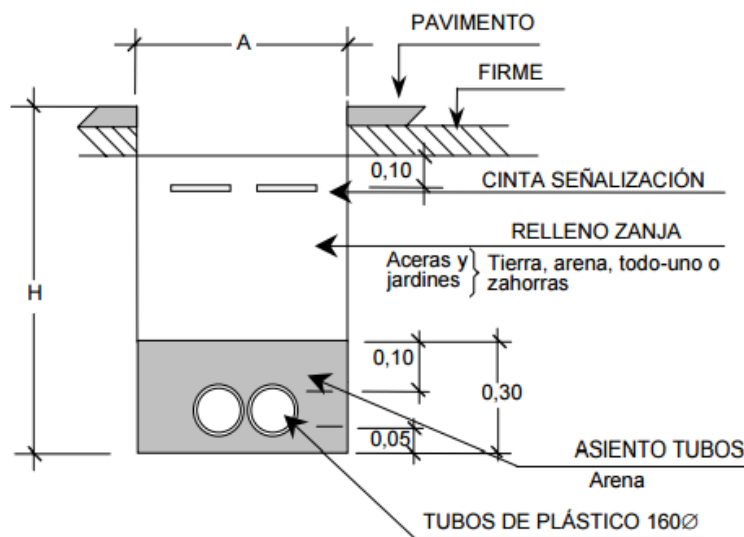


Ilustración 11: Medidas de canalización subterránea para cables de media tensión y circuito de alumbrado exterior de túneles A=35cm, H=70cm

a. Cálculos eléctricos

1. Intensidad de Cortocircuito

Se siguen las indicaciones del reglamento aplicando la UNE 21192 y también Proyecto tipo de línea subterránea de AT hasta 30 KV MT.2.31.01 IBERDROLA, considerando como temperatura inicial θ_i , las temperaturas máxima en servicio permanente y como temperatura final la de cortocircuito $> 250\text{ }^\circ\text{C}$, θ_{cc} .

En el cálculo se considera que todo el calor desprendido durante el proceso es absorbido por los conductores, ya que su masa es muy grande en comparación con la superficie de disipación de calor y la duración del proceso es relativamente corta (proceso adiabático).

Tendremos que:

$$\frac{I_{cc}}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_{cc}}}$$

- I_{cc} = corriente de cortocircuito, en amperios
- S = sección del conductor, en mm^2
- K = coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito
- t_{cc} = duración del cortocircuito, en segundos

Llegando a la siguiente tabla:

Tabla 1: Densidades máximas de corriente para Línea desde CS hasta CT

Densidades máximas de corriente de cortocircuito en los conductores de aluminio, en A/mm^2 , de tensión nominal 12/20 y 18/30 kV

Tipo de Aislamiento	$\Delta\theta^*$ (K)	Duración del cortocircuito, t_{cc} , en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE y HEPR	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54

$\Delta\theta^*$ = es la diferencia entre la temperatura de servicio permanente y la temperatura de cortocircuito (Incremento de temperatura 160θ en $^\circ\text{C}$)

Para una potencia de cortocircuito de la red de la zona de 350 MVA, tendremos:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U_{primario}}$$

$I_{cc}=10,1\text{ kA} < I_{cc}(\text{HEPRZ1})= 44.7\text{ kA} = 298\text{ A}/\text{mm}^2. 150\text{ mm}^2)$

2. Intensidades de cortocircuito admisibles en las pantallas

Se adjunta tabla con las intensidades admisibles en las pantallas metálicas siguiendo la guía de la norma UNE 211 003, aplicando el método indicado en la norma UNE 21192, en función del tiempo de duración del cortocircuito para el cable proyectado H16 de las siguientes características:

- Pantalla de hilos de cobre de 0,75 mm de diámetro, colocada superficialmente sobre la capa semiconductor exterior (alambres no embebidos).
- Cubierta exterior poliolefina (Z1)
- Temperatura inicial pantalla: 85 °C para aislamientos en HEPR
- Temperatura final pantalla: 180°C, para todos los aislamientos

Tabla 2: Intensidad de cortocircuito en pantalla para Línea desde CS hasta CT

Intensidades de cortocircuito admisible en la pantalla de cobre, en kA

Aislamiento	Sección mm ²	Duración en segundos									
		0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	
HEPR	16	6.08	4.38	3.58	2.87	2.12	1.72	1.59	1.41	1.32	
	25	8.46	6.85	4.85	4.49	3.32	2.77	2.49	2.12	2.01	

Para la comprobación de este apartado la norma ITC LAT 06 dice que el dimensionamiento mínimo de la pantalla será tal que permita el paso de una intensidad mínima de 1000 A durante 1 segundo.

Para nuestro caso H16 = sección de 16mm² soporta 2120A durante un segundo, por lo tanto es mayor al mínimo exigido.

3. Caída de tensión

En las líneas de transporte de energía eléctrica industrial, además de las pérdidas longitudinales existen pérdidas transversales.

Dada la longitud de la línea proyectada, 314 m para cada tramo subterráneo, así como su categoría, despreciamos la influencia de la capacidad y la conductancia. Consideraremos pues para la caída de tensión la resistencia, por ser conductor filiforme, y la reactancia.

La expresión de las variables consideradas es la siguiente:

$$\Delta U = \sqrt{3} I L (R \cos\varphi + X \operatorname{sen}\varphi)$$

Siendo:

ΔU = Caída de la tensión compuesta, expresada en V

I = Intensidad de la línea en A

X = Reactancia por fase Ω /km

R = Resistencia por fase en Ω /km

φ = Ángulo de desfase

L = Longitud de la línea en km

Teniendo en cuenta que:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \operatorname{Cos}\varphi}$$

Siendo:

P = Potencia transportada.(poniéndonos en lado más desfavorable 709304,76 W)

U = Tensión compuesta de la línea en.(20000 V)

$$\cos\varphi = 0,87$$

$$I = \frac{709304,76}{\sqrt{3} * 20000 * 0.87}$$

Entonces I= 23,5 A

De Tabla 2 Iberdrola **MT 2.31.01**

Tabla 3: Resistencia y reactancia para el conductor que va desde CS hasta CT

Sección mm ²	Tensión Nominal kV	Resistencia Máx. a 105°C Ω /km	Reactancia por fase Ω /km	Capacidad μ F/km
150		0,277	0,112	0,368
240	12/20	0,169	0,105	0,453

Obtenemos las caídas de tensión:

ΔU = Caída de la tensión compuesta, expresada en V

I = Intensidad de la línea en A (23.5)

X = Reactancia por fase Ω/km(0.112)

R = Resistencia por fase en Ω /km(0.277)

φ = Ángulo de desfase (29.38)

L = Longitud de la línea en km.(0.314)

Para HEPRZ : $U = \sqrt{3} * I . L (R \cos\varphi + X \sen\varphi)$

$U = . \sqrt{3} * 23.5 * 0,314 (0,277*0,87 + 0,11*.0,49)$

Obtenemos: $\Delta U=3,768$ V

Porcentaje de Caída de Tensión: $\% \Delta U = \frac{3,768}{20000} * 100 = 0.01$

4. Pérdida de Potencia

Las pérdidas de potencia por efecto Joule en una línea vienen dadas por la fórmula:

$$\Delta P = 3R . L . I^2$$

Siendo:

ΔP = Pérdida de potencia en vatios

I = Intensidad de la línea en A (23,5)

R = Resistencia por fase en Ω /km (0,277)

L = Longitud de la línea en km. (0,314)

Obtenemos la pérdida de potencia:

$$\Delta P = 144.1$$
 W

Porcentaje de Caída de Tensión: $\% \Delta W = \frac{144.1}{709304,76} * 100 = 0,02$

E. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (C.T.)

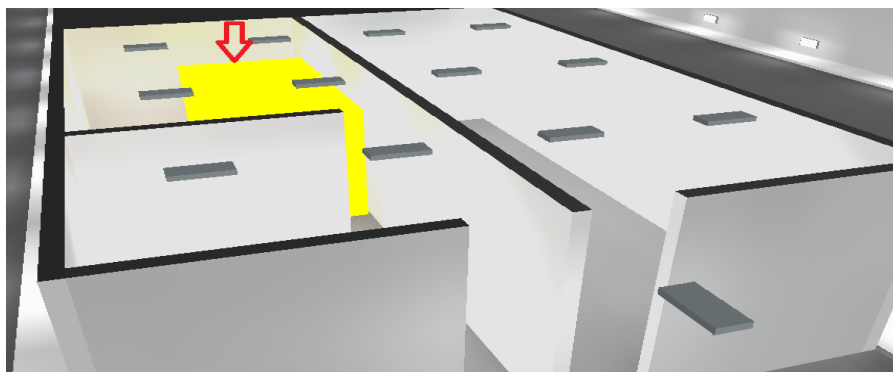


Ilustración 12: Ubicación de Caseta Prefabricada para C.T. en medio del Túnel

a. Emplazamiento y características del recinto

El centro de transformación objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleado para su aparillaje celdas prefabricadas bajo envoltente metálica según norma UNE-20.099.

Las acometidas al mismo serán subterráneas, alimentando al centro mediante dos redes de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 20 kV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora IBERDROLA.

El centro de transformación (C.T.) se ubica en hueco llamada recinto de transformación, habilitado para ello entre los dos túneles, en el centro. Véase con mayor detalle en los planos).

Edificio prefabricado de hormigón:

- **Local**

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón modelo PFU-4, con unas dimensiones 4460 x 2380 y altura 3045 mm..

El acceso al Centro de Transformación estará restringido al personal de la compañía eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Compañía Eléctrica.

- **Características del local**

Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón COMPACTO modelo PFU-4.

Las características más destacadas del prefabricado serán:

a) *Compacidad*

Esta serie de prefabricados se montarán en fábrica. Realizar el montaje en la propia fábrica supondrá obtener:

- Calidad en origen.
- Reducción del tiempo de instalación.

-Posibilidad de posteriores traslados

b) *Facilidad de la instalación*

La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación. Las dimensiones exteriores del centro son de 4460 x 2380 x 3045 mm. La superficie del centro es de 10,7 m². Las dimensiones interiores del centro son de 4280 x 2200 x 2355 mm. La profundidad de la excavación para el montaje del centro es de 0,7m.

c) *Material*

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes y techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica (superior a 250 Kg/cm² a los 28 días de su fabricación).

Los paneles que forman la envolvente están compuestos de hormigón vibrado, estando las armaduras del hormigón unidas entre si y al colector de tierras según la RU 1303, y las puertas y rejillas presentan una resistencia de 10 kΩ respecto a la tierra de la envolvente.

El acabado estándar del centro se realiza con poliuretano, de color blanco en las paredes, y color marrón en techos, puertas y rejillas.

d) *Equipotencialidad*

La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado.

Como se indica en la recomendación UNESA 1303 A, las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema de equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida en el hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10.000 ohmios.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.

e) *Impermeabilidad*

Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre éstos, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.

f) *Grados de protección*

Serán conformes a la UNE 20324/89 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será de IP239, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será de IP339.

• **Dimensiones de la excavación**

Para su ejecución, se recomienda tener en cuenta las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción Real Decreto 1627/1997 de 24.10 (M^o presidencia, BOE25.10.1997). Entre otras:

Antes de iniciar la apertura, realizar un estudio previo del terreno con objeto de conocer su estabilidad y la posible existencia de conducciones.

-Evitar la acumulación del material excavado y equipos junto al borde de la excavación, tomándose las precauciones que impidan el derrumbamiento de las paredes y la caída al fondo de dichos materiales.

-Como norma general, mantener alrededor de la excavación una zona igual a 3000 mm libre de cargas y de circulación de vehículos.

-No deben instalarse en el interior de la excavación máquinas accionadas por motores de explosión que generen gases como el CO, a no ser que se utilicen los equipos necesarios para su extracción.

-Los operarios que trabajen en el interior de la excavación deben estar debidamente formados e informados y provistos de casco de seguridad y de las prendas de protección necesarias para cada riesgo específico.



DIMENSIONES DE LA EXCAVACIÓN:
 5260 mm de anchura x 3180 mm de fondo x 560 mm de Profundidad

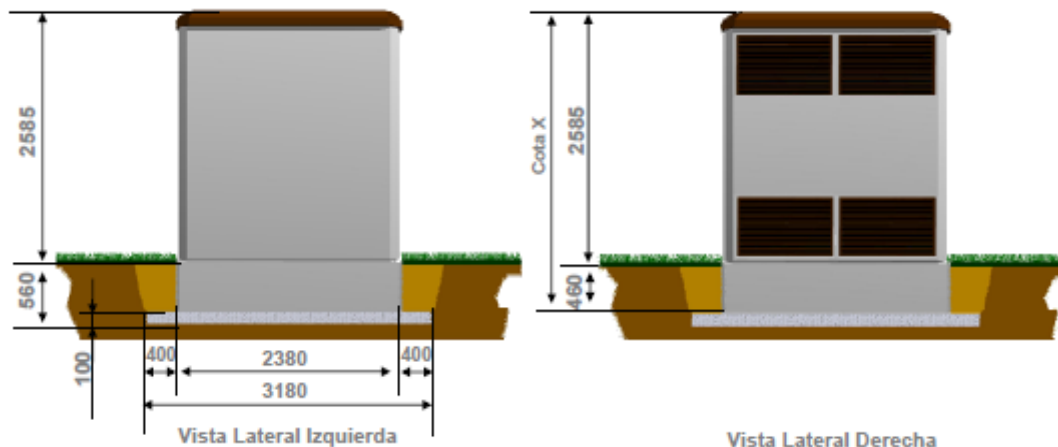


Ilustración 13: Dimensiones de excavación para CT

b. Celdas de alta tensión

1. De conmutación automática

NSM-1 Celda de Transferencia Automática de Red prioritaria (N) y reserva de una red Pública(S) con seccionador de operación bajo carga (Detección de ausencia de tensión):

- Dos (2) Seccionadores de Operación Bajo carga 630 A (SF6) de tres posiciones (Conectado-Desconectado-Tierra) - Enclavamiento mecánico y eléctrico.
- Bornes para conexión inferior de cable seco unipolar - Compartimiento de control
- Dos (2) Juegos de Barras tripolar para conexión superior 630 A
- Dos (2) Mandos motorizados CI2
- Dos (2) dispositivos de bloque con 3 lámparas de presencia de tensión
- Equipo de Automatismo.
- Bobinas de apertura y cierre a tensión.
- Bloque autónomo para la alimentación de las bobinas y motorizaciones
- Bornes para conexión inferior de cable seco unipolar
- Dos (2) Resistencias de calefacción
- Pilotos de señalización

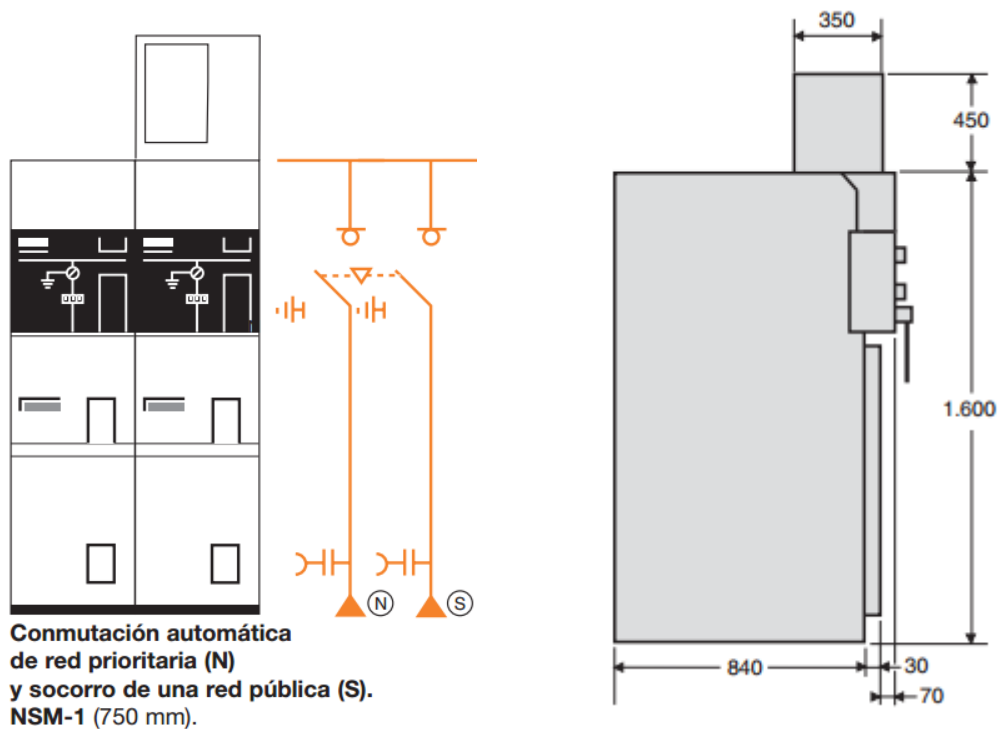


Ilustración 14: Celda de Conmutación automática NSM-1 y dimensiones

2. De protección de transformador

DM1-C (750 mm) Celda Interruptor automático protección transformador o salida de línea

- Interruptor automático Fluarc SF1.
- Seccionador (SF6).

- Preparada para alojar 3 toroidales o 3 transformadores de intensidad de protección.
- Juego de barras tripolar. p Mando interruptor automático RI manual.
- Mando seccionador CS1 manual dependiente.
- Seccionador de puesta a tierra superior sin poder de cierre (enclavamiento de panel).
- Bornes de conexión para cable unipolar seco de sección inferior o igual a 150 mm².
- Seccionador de puesta a tierra inferior con poder de cierre (mando CC).
- Dispositivo con bloque de 3 lámparas de presencia de tensión.
- Juego de barras tripolar para salida inferior derecha, o preparación para salida de cable unipolar seco de sección inferior o igual a 150 mm².
- Juego de barras tripolar para salida inferior izquierda.

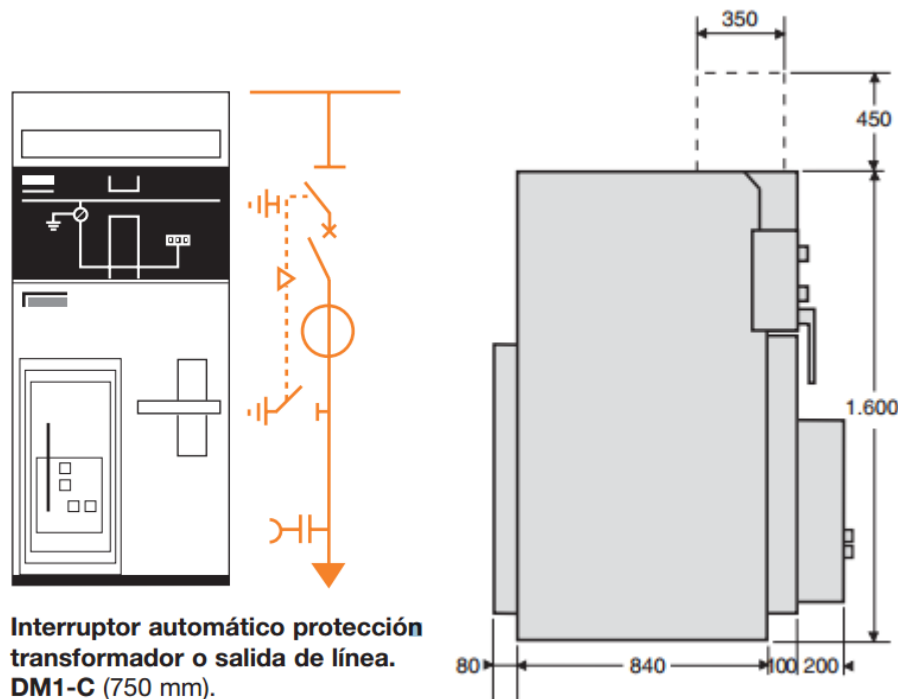


Ilustración 15: Celda de Protección del Transformador DM1-C y dimensiones

c. Transformador

Será una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 20 kV y la tensión a la salida en vacío de 230V entre fases y neutro.

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural, en baño de aceite mineral.

II.ANEJO DE MEDIA TENSIÓN

La tecnología empleada será de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 21428 y a las normas particulares de la compañía suministradoras, siendo las siguientes:

- Potencia nominal: 1000 kVA
- Tensión nominal:

Primaria: Tensión más elevada para el material 24kV Secundario en vacío: 420V

- Tensión de servicio inicial: 20000 V.
- Tensión de cortocircuito: 6%.
- Grupo de conexión: Dyn11

Tabla 4: Características eléctricas para el transformador en el CT

serie 24 kV													
Potencia (kVA)		25	50	100	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	
Pérdidas nominales (W)	En vacío	88	145	260	375	530	750	1030	1150	1400	1750	2200	
	Debidas a la carga (75°C)	700	1100	1750	2350	3250	4600	6500	8400	10500	13500	17000	
Pérdidas máx para el cálculo de la supf. de ventilación, (W)		945	1492	2406	3259	4520	6397	9006	11440	14259	18277	23012	
Rendimiento	Cos φ=1	A plena carga	96,94	97,57	98,03	98,33	98,51	98,68	98,82	98,82	98,79	98,81	
		A 1/2 de plena carga	97,94	98,35	98,62	98,81	98,94	99,06	99,16	99,19	99,20	99,19	99,20
	Cos φ=0,8	A plena carga	96,21	96,98	97,55	97,92	98,15	98,36	98,53	98,53	98,53	98,50	98,52
		A 1/2 de plena carga	97,44	97,94	98,29	98,52	98,68	98,83	98,96	98,99	99,00	98,99	99,00
Caída de tensión, a plena carga	Cos φ=1	2,84	2,26	1,81	1,54	1,37	1,22	1,11	1,22	1,22	1,25	1,24	
	Cos φ=0,8	3,96	3,77	3,57	3,43	3,33	3,25	3,17	4,47	4,47	4,49	4,48	
Potencia acústica máx dB(A)		48	50	54	57	60	63	65	66	68	69	71	
Grupo de conexión		Yzn11						Dyn11					
Tensión de cortocircuito (%)		4						6					



Ilustración 16: Transformador JARA 1000 kVA

d. Interconexión celda – transformador

Por recomendación de Iberdrola MT 2.11.01.; La conexión eléctrica entre la celda de alta y el transformador de potencia se realizará con cable unipolar seco de 50 mm² de sección y del tipo HEPRZ1, empleándose la tensión asignada del cable de 12/20 kV para tensiones asignadas de hasta 24 kV. Se utilizará el cable ALHEPRZ1 tres cables unipolares uno para cada fase.

Tabla 5: Características eléctricas para conductor desde Celda hasta Transformador

DATOS TÉCNICOS DEL CABLE AL EPROTENAX H COMPACT (NORMALIZADO POR IBERDROLA) AL HEPRZ1

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES

1 x sección conductor (Al)/sección pantalla (Cu) (mm ²)	Código	Ø Nominal aislamiento* (mm)	Espesor aislamiento (mm)	Ø Nominal exterior* (mm)	Espesor cubierta (mm)	Peso aproximado (kg/km)	Radio de curvatura estático (posición final) (mm)	Radio de curvatura dinámico (durante tendido) (mm)
12/20 kV								
1x50/16	20996806	18,1	4,5	25,8	2,5	780	387	516
1 x sección conductor (Al)/sección pantalla (Cu) (mm ²)	Intensidad máxima admisible bajo tubo y enterrado* (A)	Intensidad máxima admisible directamente enterrado* (A)	Intensidad máxima admisible al aire** (A)	Intensidad máxima de cortocircuito en el conductor durante 1 s (A)	Intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla durante 1 s*** (A)			
	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV (part. 16 mm ²)	18/30 kV (part. 25 mm ²)		
1x50/16	135	145	180	4700	3130	4630		
1 x sección conductor (Al)/sección pantalla (Cu) (mm ²)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Resistencia del conductor a T máx (105 °C) (Ω/km)	Reactancia inductiva (Ω/km)		Capacidad μF/km)			
	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV	18/30 kV	12/20 kV	18/30 kV		
1x50/16	0,641	0,861	0,132	0,217	0,147	0,147		

e. Fusibles limitadores de M.T.

Los fusibles limitadores instalados en las celdas de alta tensión deben de ser de los denominados "Fusibles fríos", y sus características técnicas están recogidas en la Norma NI 75.06.31 "Fusibles limitadores de corriente asociados para AT hasta 36 kV".

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * U} = \frac{1000}{\sqrt{3} * 20} = 28,86 A$$

Tabla 6: Elección Fusible Limitador M.T. (FLA-P 24/40)

Designación Iberdrola	Tensión asignada kV	Intensidad asignada A	D mm	Código
FLA-P 24/25		25		75 07 345
FLA-P 24/40	24	40	442	75 07 347
FLA-P 24/63		63		75 07 349

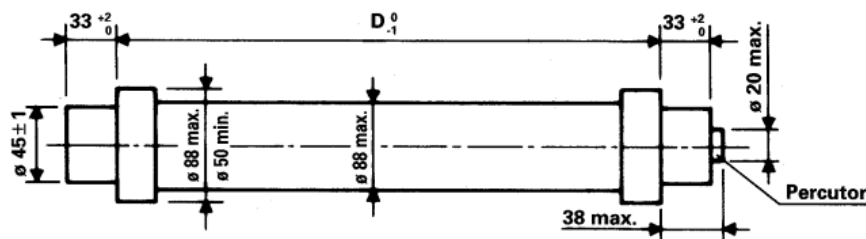


Ilustración 17: Dimensiones Fusible (FLA-P 24/40), D=442mm

f. Interconexión transformador – Cuadro Baja Tensión (CBT)

La conexión eléctrica entre el trafo de potencia y el cuadro de Baja Tensión se debe realizar con cable unipolar de 240 mm² de sección, con conductor de aluminio tipo RV y de 0,6/1 kV, especificados en la norma NI 56.31.21 "Cables unipolares RV con conductores de aluminio para redes subterráneas de baja tensión 0,6/1 kV".

El número de cables será siempre de 3 para cada fase y dos para el neutro.

Estos cables dispondrán en sus extremos de terminales bimetálicos tipo TBIM12/240, especificado en la Norma NI 58.20.71 "Piezas de conexión para cables subterráneos de baja tensión. Características generales". En el CBT se tiene 4 fusibles FNH23FEA-1400Y-A con In=1400 A.

Tabla 7: Características eléctricas para conductor desde Transformador hasta CBT

RETENAX FLAM N

Tensión nominal: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-2
Designación genérica: RV

Número de conductores x sección mm ²	Espesor de aislamiento mm	Diámetro sobre aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20°C Ω/km	Intensidad admisible al aire (1) A	Intensidad admisible enterrado (2) A	Caída de tensión V/A km (2)	
								cos φ = 1	cos φ = 0,8
1 x 240	1,7	21,8	25,4	2420	0,0754	490	336	0,17	0,22

g. Instalaciones de Puesta a Tierra (PaT) para el CT

1. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra de protección (masas)

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/1 kV protegido contra daños mecánicos (bajo tubo).

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro

Resistencia del sistema de puesta a tierra, Rt:

$$R_t = K_r \cdot \rho$$

Donde:

Kr: Según la configuración tipo de electrodo de tierra que utilizaremos será 0,055 obtenido de la anexo 2 A2-22 UNESA Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría.

ρ: Resistividad del terreno : 200

Obtenemos: $R_t = 11 \Omega$

2. Cálculo de la intensidad y la tensión de defecto a tierra

Utilizaremos la siguiente fórmula:

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R)^2 + X_n^2}}$$

Donde:

- Id: Intensidad de defecto a tierra
- U: Tensión de la red
- Rn: Resistencia de puesta a tierra del neutro proporcionado por la compañía
- R: Resistencia del sistema de puesta a tierra
- Xn: Reactancia de puesta a tierra del neutro proporcionado por la compañía

Para estar en el caso más desfavorable según UNESA usamos la fórmula para “Neutro a tierra” (máxima corriente a tierra).

De la norma 2.11.33 de Iberdrola utilizamos de la tabla 5 la reactancia equivalente 25.4 ohm para una tensión nominal de la red de 20kV.

Tabla 8: Impedancias equivalentes para cada nivel de tensión tipo de puesta a tierra

Tensión nominal de la red U_n (kV)	Tipo de puesta a tierra	Reactancia equivalente X_{LTH} (Ω)	Intensidad máxima de corriente de defecto a tierra* (A)
13,2	Rígido	1,863	4500
13,2	Reactancia 4 Ω	4,5	1863
15	Rígido	2,117	4500
15	Reactancia 4 Ω	4,5	2117
20	Zig-Zag 500A	25,4	500
20	Zig-Zag 1000A	12,7	1000
20	Reactancia 5,2 Ω	5,7	2228
30	Zig-Zag 1000 A	2,117	9000

$$I_d = \frac{20000}{\sqrt{3} \sqrt{(0+11)^2 + 25.4^2}} = 417.16 \text{ A}$$

También se comprueba que nuestra instalación no sobrepasa la $I_{d\text{máx}}=500\text{A}$

Utilizaremos la siguiente fórmula:

$$U_d = I_d \times R_t$$

Donde:

- U_d : Tensión de defecto
- I_d : Intensidad de defecto a tierra
- R_t : Resistencia de puesta a tierra

$$U_d = 417.16 \times 11 = 4588.83 \text{ V}$$

3. Cálculo de las tensiones de paso

- Utilizaremos la siguiente fórmula Tensión de paso de nuestra instalación:

$$U'_{pa} = K_p \times \rho \times I_d$$

Donde:

- U'_{pa} : Tensión de paso de nuestra instalación

- K_p : Según la configuración tipo de electrodo de tierra que utilizaremos será 0,0083 obtenido de la anexo 2 A2-22 UNESA Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría.

- I_d : Intensidad de defecto a tierra

Obtenemos: $U'_{pa} = 0,0083 \times 200 \times 417.16 = 692.48 \text{ V}$

- La **tensión de paso máxima admisible** en el exterior del centro de transformación es la siguiente:

$$U_{pa} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \left(1 + 6 \cdot \frac{\rho}{1000} \right)$$

Donde:

- U_{pa} : Tensiones de paso máxima admisible en V.

- $K = 72$.

- $n = 1$.

- t : Duración de la falta en segundos: 0,45 s.

- ρ : Resistividad del terreno.

$$U_{pa} = \frac{10 \times 72}{0.45} \left(1 + 6 \cdot \frac{200}{1000} \right) = 3520 \text{ V}$$

Por lo tanto comprobamos que el electrodo que hemos seleccionado

cumple $U'_{pa} \leq U_{pa}$

4. Cálculo de las tensiones de contacto

- Utilizaremos la siguiente fórmula Tensión de contacto de nuestra instalación:

$$U'_{p(acc)} = K_c \times \rho \times I_d$$

Donde:

- $U'_{p(acc)}$: Tensión de contacto en nuestra instalación

- K_c : Según la configuración tipo de electrodo de tierra que utilizaremos será 0,0208 obtenido de la anexo 2 A2-22 UNESA Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría.

- I_d : Intensidad de defecto a tierra

Obtenemos: $U'_{p(acc)} = 0,0208 \times 200 \times 417,16 = 1737,38 \text{ V}$

- Utilizaremos la siguiente fórmula Tensión de contacto admisible de nuestra instalación:

$$U_{p(acc)} = \frac{10 K}{t^n} \left(1 + \frac{3 \rho_{tierra} + 3 \rho_{hormigón}}{1000} \right)$$

Donde:

- $U_{p(acc)}$: Tensiones de contacto en el acceso admisible al centro de transformación en V.

- $K = 72$.

- $n = 1$.

- t : Duración de la falta en segundos: 0,45 s.

- ρ_{tierra} : Resistividad del terreno.

- $\rho_{hormigón}$: Resistividad del hormigón

Obtenemos: $U_{p(acc)} = \frac{10 \times 72}{0,45} \left(1 + \frac{3 \times 200 + 3 \times 3000}{1000} \right) = 16960 \text{ V}$

Por lo tanto comprobamos que el electrodo que hemos seleccionado cumple $U'_{pacc} \leq U_{pacc}$

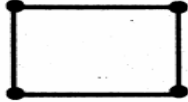
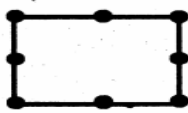
5. Diseño del electrodo y verificación de resultados

Por lo tanto, el diseño elegido en la Ilustración 13, será la que usaremos para la tierra de protección de masas; tal y como hemos comprobado en los apartados anteriores las tensiones de paso y contacto están en dentro de los límites para proporcionar seguridad.

Rectángulo de 6.0 m x 4.0 m.

Sección conductor = 50 mm².
Diámetro picas = 14 mm.
L_p = Longitud de la pica en m.

PROFUNDIDAD = 0'8 m

CONFIGURACION	L _p (m)	RESISTENCIA K _r	TENSION DE PASO K _p	TENSION DE CONTACTO EXT K _c = K _p (acc)	CODIGO DE LA CONFIGURACION
Sin picas	-	0.098	0.0142	0.0577	60-40/8/00
4 picas 	2	0.078	0.0122	0.0379	60-40/8/42
	4	0.065	0.0099	0.0282	60-40/8/44
	6	0.056	0.0083	0.0223	60-40/8/46
	8	0.049	0.0071	0.0183	60-40/8/48
8 picas 	2	0.069	0.0109	0.0312	60-40/8/82
	4	0.055	0.0083	0.0208	60-40/8/84
	6	0.047	0.0067	0.0153	60-40/8/86
	8	0.041	0.0055	0.0119	60-40/8/88

K_r, Ω / (Ω · m)
K_p, K_c = K_p(acc) V / (Ω · m)(A)

Ilustración 18: Configuración puesta a tierra de protección CT masas

6. Puesta a tierra del neutro del transformador

La configuración utilizada será:

- Identificación: código 8/42 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- Parámetros característicos: anexo 2 A2-32 UNESA Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría.

K_r = 0,100 Ω/Ωm
K_p = 0,0127 V/(Ωm)(A)

Picas en hilera unidas por un conductor horizontal.
Separación entre picas : 3 m
Longitud pica = 2 m.

Sección conductor = 50 mm².
Diámetro picas = 14 mm.

PROFUNDIDAD = 0'8 m

NUMERO DE PICAS	RESISTENCIA K_r	TENSION DE PASO K_p	CODIGO DE LA CONFIGURACION
2	0,194	0,0253	8/22
3	0,130	0,0170	8/32
4	0,100	0,0127	8/42
6	0,0707	0,00833	8/62
8	0,0556	0,00255	8/82

$$K_r \quad \Omega / (\Omega \cdot m)$$

$$K_p \quad V / (\Omega \cdot m)(A)$$

Ilustración 19: Tierra de Protección Neutro del CT

- **Calculo de la resistencia de la puesta a tierra**

Utilizaremos las siguientes fórmulas:

$$R \text{ cobre aislado} = \rho * \frac{L}{S}$$

Donde:

R cobre aislado: resistencia del cable de cobre aislado

ρ : Resistividad del cobre

L: Longitud del cable

S:Sección del cable

Obtenemos: R cobre aislado $0,0171 * 12,00/50 = 4,104 * 10^{-3} \Omega$

$$R \text{ puesta a tierra} = K_r * \rho$$

Donde:

R puesta a tierra: Resistencia de puesta a tierra de la configuración elegida

K_r : Según la configuración tipo de electrodo de tierra que utilizaremos será 0,1 obtenido de la anexo 2 A2-32 UNESA Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría.

Obtenemos: R puesta a tierra= $0,1 * 200 = 20 \Omega$

Resistencia de puesta a tierra total del neutro : $20 + 0,004104 = 20,004 \Omega$

Para instalar un interruptor diferencial de 650 mA y no sobrepasar 24 voltios; entonces nuestra resistencia de puesta a tierra no debe ser superior a 37Ω .

Por lo tanto se verifica que : R puesta a tierra total = $20,004 < 37 \Omega$

7. Separación entre puestas a tierra

Existirá una separación mínima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión. Dicha separación se calculará posteriormente.

Si la tensión de defecto fuera de 1000V cabría la posibilidad de instalar un sistema de puesta a tierra único, pero como no es el caso se deberá disponer de un sistema de puesta a tierra del neutro del transformador (tierra de servicio) separado e independiente de otros sistemas de puesta a tierra de las masas (tierra de protección).

Debe evitarse que la tensión de defecto en el electrodo de puesta a tierra de protección transmita al de puesta a tierra de servicio una tensión superior a 100 V.

La distancia mínima según Guía BT-18 de separación será:

$$D_{mín} = \frac{\rho I_d}{2 \pi U} = \frac{200 * 417.16}{2 \pi * 1200} = 11.06 \text{ m.}$$

8. Materiales a utilizar

Líneas de puestas a tierra:

- Línea de Puesta a Tierra de Protección: conductor desnudo de cobre de 50 mm² de sección.
- Línea de Puesta a Tierra de Servicio: conductor de cobre aislado de 50 mm² de sección, tipo DN-RA 0,6/1 kV canalizado mediante tubo de 20 mm de diámetro.

Electrodos:

- Picas: en todo caso se utilizarán picas de acero-cobre, de dos metros de longitud para tierra de servicio y de cuatro metros para tierra de protección y 14 mm de diámetro para ambos.
- Conductor horizontal: será siempre cable de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Conexiones:

- Para la unión entre cables se utilizará grapa galvanizada con tornillo de acero inoxidable.
- Para la unión de los conductores con las picas se usará grapa galvanizada de conexión para picas cilíndricas de acero cobre.

h. Materiales de seguridad y de primeros auxilios

Se instalarán, pegados con adhesivo (sobre la parte externa de las puertas del prefabricado) y plastificados, los siguientes carteles:

- Señales de riesgo eléctrico con triángulo serigrafiado con el contorno en negro y fondo amarillo, y con el texto "ALTA TENSIÓN PELIGRO DE MUERTE".
- Señal de primeros auxilios.
- Señal "5 Reglas de oro para trabajar sin tensión".

Además, junto al edificio prefabricado se ubicará un armario de salvamento y primeros auxilios, que incluirá los siguientes elementos:

- Una pértiga de salvamento BS45.
- Un detector de tensión 5-36 kV.
- Un cofre metálico para guantes, con un par de guantes clase III.
- Una cizalla aislada SZ-51S.
- Una banqueta aislante 45 kV.
- Un botiquín con lo necesario para primeras curas.

F. CONCLUSIÓN Y FIRMA

Teniendo en cuenta el buen diseño de las instalaciones, los materiales a utilizar, el cumplimiento de las normas y reglamentos vigentes, las especificaciones del peticionario que en este caso el peticionario es la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar y el buen criterio del proyectista.

Llego a la conclusión de que este es un proyecto acorde a las exigencias impuestas por el peticionario y acorde a las normas vigentes.

Neel Marck Vargas Eufrazio

En Béjar; Septiembre del 2017.

III.ANEJO DE BAJA TENSIÓN

A. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

Por encargo de la escuela de Ingenieros Industriales de Béjar, se llega al acuerdo de dar suministro eléctrico a un Túnel de Autopista en la localidad de Crespos en Ávila.

El presente Anejo de Baja Tensión del proyecto se lleva a cabo para definir constructivamente los elementos necesarios para llevar los circuitos de baja tensión hasta las luminarias, ventiladores, tomas de fuerza, etc. y así llevar a cabo el suministro eléctrico del Túnel mencionado anteriormente.

B. NORMATIVA APLICADA

Para la elaboración de este anejo, la normativa que se ha seguido ha sido la siguiente:

- REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01a BT 51.
- ORDEN de 17 de mayo de 2007, por la que se regula el Régimen de Inspecciones Periódicas de las instalaciones eléctricas de baja tensión (Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, ámbito autonómico)
- REAL DECRETO 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.

C. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

a. Clasificación de los locales

En este apartado se citan los diferentes locales de este proyecto, y su clasificación, a efectos de la instalación eléctrica de baja tensión, según el REBT.

- Carreteras, aceras y ambos tubos: Locales de Pública Concurrencia y mojado
- Vías de evacuación de emergencia: Locales de Pública Concurrencia y mojado.
- Recinto de grupos electrógenos y SAIs: Local convencional y mojado
- Recinto de protección y control: Local convencional y mojado
- Recinto Centro de Transformación: Local convencional y mojado
- **No se consideran como locales con riesgo de incendio o explosión a los tubos de túneles por las siguientes razones:**
 - Existe un sistema de detección del monóxido de carbono.
 - Dicho sistema activa un sistema de ventilación con sistema de extracción.
 - El sistema de ventilación elimina los gases provenientes de los motores de los coches.

Por estas tres razones se puede asegurar que no existe riesgo, por lo que no se catalogarán como locales con riesgo de incendio o explosión.

- **No se considera como local con riesgo de incendio o explosión al recinto de grupo electrógeno por las siguientes razones:**

Se instala un extractor (ventilación forzada) en la pared del centro de grupo electrógeno que extrae el aire o gases hacia el túnel norte, el cual se pondrá en funcionamiento cuando se ponga en marcha el grupo electrógeno y se conectará directamente al SAI el estará conectado en paralelo a los contactores K5, K6, K7 y K8 los cuales corresponden a las salidas Q1, Q2, Q3 y Q4 del autómata programable LOGO! , de este modo tendremos el recinto siempre ventilado.

Son motivos suficientes para descartar la posibilidad de que exista una atmósfera explosiva en este recinto.

b. Previsión de cargas

Tabla 9: Previsión de cargas

Elemento	Unidades	Potencia Unitarias (W)	Tensión (V)	FDP	Tipo	Potencia Total (W)	Aparente (VA)
Luminaria Philips ECO226-3S/757	720	199	230	0.95	F + N	143280	150821,05
Luminaria Philips LED- BGP490 0	553	29	230	0.95	F + N	16037	16881,05
Luminaria Philips LED- BGP322 t35	34	90	230	0.95	F + N	3060	3221,05
LEGRAND 662433 B65LED LVS2	32	8	230	0.95	F + N	256	269,47
Ventilador Zitron JZR 10-22/4	8	22000	400	0.85	3F+N	176000	207058,82
Ventilador Zitron JZR 10-22/2	8	22000	400	0.85	3F+N	176000	207058,82
V. Extract. Sodeca THT-160-6T/6-20	12	15000	400	0.85	3F+N	180000	211764,71
Luxómetro Cometa FF-LESA13B2	2	0.48	230	0.95	F + N	0.96	1,01
Detector de TyH MCD 573X-SP	550	0.12	230	0.95	F + N	66	69,47
Detector CO RS485	110	0.48	230	0.95	F + N	52.8	55,58
Control de equipos de carretera	1	1600	400	0.85	3F+N	1600	3529,41
Control LOGO!	1	750	230	0.95	F+N	750	789,47
Megafonía	12	75.8	230	0.95	F+N	909.6	105,26
Paneles de señalización	2	350	230	0.95	F+N	700	736,84
Semáforo	4	8	230	0.95	F+N	32	33,68
Puestos SOS	12	55	230	0.95	F+N	660	126,32
Barrera	4	200	400	0.85	3F+N	800	941,18
Grupo Electrónico Y extractor HPMF	1	100	400	0.85	3F+N	100	58,82
Tomas de Fuerza	3	3000	230	0.85	F+N	9000	10588,24
TOTAL				0,8713		709304.36	814110,27

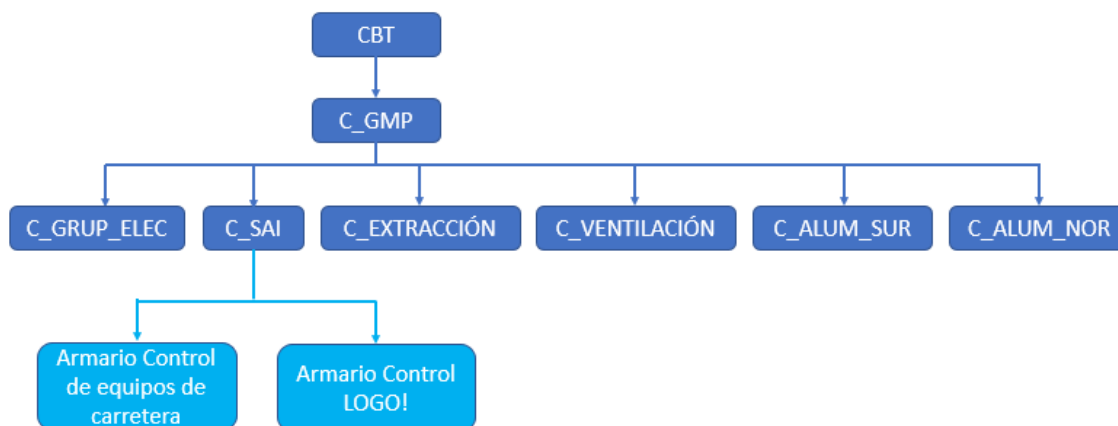


Ilustración 20: Cuadros, subcuadros y armarios

D. RECINTO DE PROTECCIÓN Y CONTROL

a. Descripción de la instalación

Este recinto se ubica en el medio del Túnel, aquí estarán ubicados los cuadros de protecciones y dos armarios para el control.

- Cuadro General de Mando y Protecciones (C_GMP)
- Cuadro de Alumbrado Sur (C_ALUM_SUR)
- Cuadro de Alumbrado Norte (C_ALUM_NOR)
- Armario Control LOGO!
- Armario Control de equipos de carretera
- Cuadro de Extracción (C_EXTRACCIÓN)
- Cuadro de Ventilación (C_VENTILACIÓN)
- Una Toma de fuerza de 3000 W

Mayor detalle en el anejo de planos y visión general en la Ilustración 20.

b. Líneas generales de alimentación

Para la línea general de alimentación (desde el C.B.T. situado en el Centro de Transformación hasta el Cuadro General de Mando y Protecciones C_GMP), se ha utilizado el siguiente tipo de cable: **“en general los cables usados en este proyecto de acuerdo a la ITC-BT-30 serán del tipo RZ1-K (AS) ya que serán consideradas instalaciones en locales mojados, salvo excepciones recomendadas por fabricante para equipos o normativa”**

RZ1-K (AS)

R - Polietileno reticulado (termoestable)

Z1 - aislamiento, compuesto termoplásticos a base de poliolefina

K - conductor flexible para instalaciones fijas (clase 5)

AS - alta seguridad (emisión de humos y opacidad reducida, etc.) y resistencia al fuego.

AFUMEX Easy (AS)

Tensión nominal: 0,6/1 kV
 Norma diseño: UNE 21123-4
 Designación genérica: RZ1-K (AS)

CARACTERÍSTICAS CABLE



- Norma de diseño: UNE 21123-4.
- Temperatura de servicio (instalación fija): -40 °C, +90 °C. (Cable termoestable).
- Tensión nominal: 0,6/1 kV.
- Ensayo de tensión alterna durante 5 minutos: 3500 V.

Ensayos de fuego:

- No propagación de la llama: UNE EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.
- No propagación del incendio: UNE EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos: UNE EN 50267-2-1; IEC 60754-1; BS 6425-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos: DEF STAN D2-713; NFC 20454; It ≤ 1,5.
- Baja emisión de humos opacos: UNE EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Nula emisión de gases corrosivos: UNE EN 50267-2-2; IEC 60754-2; NFC 20453; BS 6425-2; pH ≥ 4,3; C ≤ 10 μS/mm.

Más rápido y fácil de instalar



DESCRIPCIÓN

CONDUCTOR

Metal: Cobre electrolítico recocido.

Flexibilidad: Flexible, clase 5, según UNE EN 60228.

Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

AISLAMIENTO

Material: Mezcla de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3.

Colores: Amarillo/verde, azul, gris, marrón y negro; según UNE 21089-1.

CUBIERTA

Material: Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1.

Colores: Verde.

APLICACIONES

- Cable de fácil pelado y alta flexibilidad, especialmente adecuado para instalaciones interiores o receptoras en locales de pública concurrencia: (salas de espectáculos, centros comerciales, escuelas, hospitales, edificios de oficinas, pabellones deportivos, etc.)
- En centros informáticos, aeropuertos, naves industriales, parkings, túneles ferroviarios y de carreteras, locales de difícil ventilación y/o evacuación, etc.
- En toda instalación donde el riesgo de incendio no sea despreciable (instalaciones en montaje superficial, canalizaciones verticales en edificios o sobre bandejas, etc.) o donde se requieran las mejores propiedades frente al fuego y/o la ecología de los productos de construcción.
 - Líneas generales de alimentación (ITC-BT 14) - Derivaciones individuales (ITC-BT 15) - Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20).
 - Locales de pública concurrencia (ITC-BT 28).
 - Industrias (Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales R.D. 2267/2004).
 - Edificios en general (Código Técnico de la Edificación, R.D. 314/2006, art. 11).

Ilustración 21: Características del conductor RZ1-K

Por lo tanto, se elige 6 x 240mm² por fase más 6 para el neutro

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * U} = \frac{1000}{\sqrt{3} * 0,4} = 1443,37 A$$

Por lo tanto, cada cable tiene que transportar 1443,3/6 =240,56A

Tabla 10: Características eléctricas de conductor desde CBT hasta C_GMP

Número de conductores x sección mm ²	Espesor de aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20°C Ω/km	Intensidad admisible (1) A	Intensidad admisible enterrado (2) A	Caída de tensión V/A km (2)	
							cos φ = 1	cos φ = 0,8
1 x 240	1,7	26,9	2350	0,08	490	336	0,17	0,22

Recordemos que serán seis circuitos en la canalización de la modalidad B2, por lo tanto hay que aplicar el factor de corrección correspondiente.

Punto	Disposición	Número de circuitos o cables multiconductores										Instalación tipo
		1	2	3	4	6	9	12	16	20		
1	Empotrados, embutidos (dentro de un mismo tubo, canal o grapados sobre una superficie al aire)	1,0	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	A a F	

$$I_{adm} * f_c = 490 * 0,55 = 269,5A$$

Po lo tanto 269.5 A > 240.56A cumple.

1. Canalizaciones

En general Para toda la instalación de este proyecto, las canalizaciones serán estancas, utilizándose para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas y dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua, IPX4. Las canalizaciones prefabricadas tendrán el mismo grado de protección IPX4.

La modalidad escogida para toda la instalación según norma UNE 20460-5-523 será B2 ya que tendremos bandejas con tapa estancas para todas las canalizaciones apoyadas sobre soportes fijadas a la pared. Este tipo de bandeja será de un material aislante por lo que no será necesario ponerlo a tierra.

c. Cuadro general de mando y protecciones (C_GMP)

El cuadro general de protecciones se situará en un armario específicamente para ello, ubicado a mano Izquierda del recinto, y con el rótulo "CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN".

Tenemos dos armarios de control uno para el control del autómatas LOGO! y el otro para el control de equipos de carretera que a su vez estas últimas caen del cuadro SAI.

Consultar planos de unifilares y planta de recintos.

d. Disposiciones especiales para los locales clasificados

Las indicaciones especiales para los locales clasificados como de pública concurrencia son las siguientes Cuadro protección: a la entrada del local, y fuera del alcance del público.

- Alumbrado: repartido en tres sectores, cada uno con interruptores automáticos magneto-térmicos y diferenciales distintos.

Tal como se explicó en el apartado Canalizaciones y Líneas generales de alimentación, se utilizará el conductor RZ1-K para toda la instalación de BT. Para toda la instalación, las canalizaciones serán estancas, utilizándose para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas y dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua, IPX4. Las canalizaciones prefabricadas tendrán el mismo grado de protección IPX4.

- Servicios generales: cables libres de cloro, con aislamiento con baja emisión de humos y gases corrosivos. RZ1-K(AS).

- Servicios de emergencia: cable capaz de mantener el servicio hasta aproximadamente una hora sometido al fuego. RZ1-K (AS).

- Sistema de conmutación, cuya función es cortar el suministro de la red y activar el del grupo electrógeno cuando el primero falla.

- Alumbrado de emergencia. Este servicio se utilizará para garantizar la seguridad, y no para reemplazar los servicios generales, facilitando la evacuación y un ambiente anti pánico.

e. Puesta a tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

Por lo tanto, siguiendo la ITC-BT-18 se verifica que:

Se conecten todas las partes metálicas (Las carcasas de los motores y masas de los túneles) a tierra.

Exista una separación de al menos 15 metros con la tierra del CT.

Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos deberán ser:

- Desnudos, de cobre, de 35 mm² de sección mínima, si forman parte de la propia red de tierra, en cuyo caso irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.

- Aislados, mediante cables de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento decolor verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima 16 mm² para redes subterráneas, y de igual sección que los conductores de fase para las redes posadas, encuyo caso irán por el interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.

Para esta instalación se usarán cables aislados de tensión asignada 0.6/1 kV y sección 16 mm² al ser red subterránea y no formar parte de la propia red de tierra.

El conductor de protección que une cada soporte con el electrodo o con la red de tierra será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 0.6/1 kV, con recubrimiento de color verde-amarillo, y de sección de 16 mm² de cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

En a redes de tierra se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias y siempre en el primer y último soporte de cada línea o circuito.

f. Alumbrado interior ordinario y de emergencia

Para el recinto de protección y control se eligieron Luminarias Philips LED- BGP490 las cuales funcionan en los dos modos ordinario y/o emergencia, pertenecen al circuito INTERIOR (INT), más detalles en el esquema unifilar en los planos.

g. LOGO! SIEMENS

El autómata programable LOGO! SIEMENS es una de las herramientas usadas para este proyecto, ya que su correcta programación permite el funcionamiento óptimo y automático de los ventiladores, extractores, grupo electrógeno y distintos tipos de iluminación que requiere el túnel.

Se recuerda que el autómata LOGO! está conectada directamente al SAI, por lo que estará en funcionamiento incluso cuando no haya tensión en la red y cuando no haya alimentación por parte del grupo electrógeno.

A continuación, se observa en la ilustración las conexiones para el autómata programable, teniendo en cuenta que a la izquierda están las entradas I y la derecha las salidas Q con sus correspondientes contactores k para entradas y salidas.

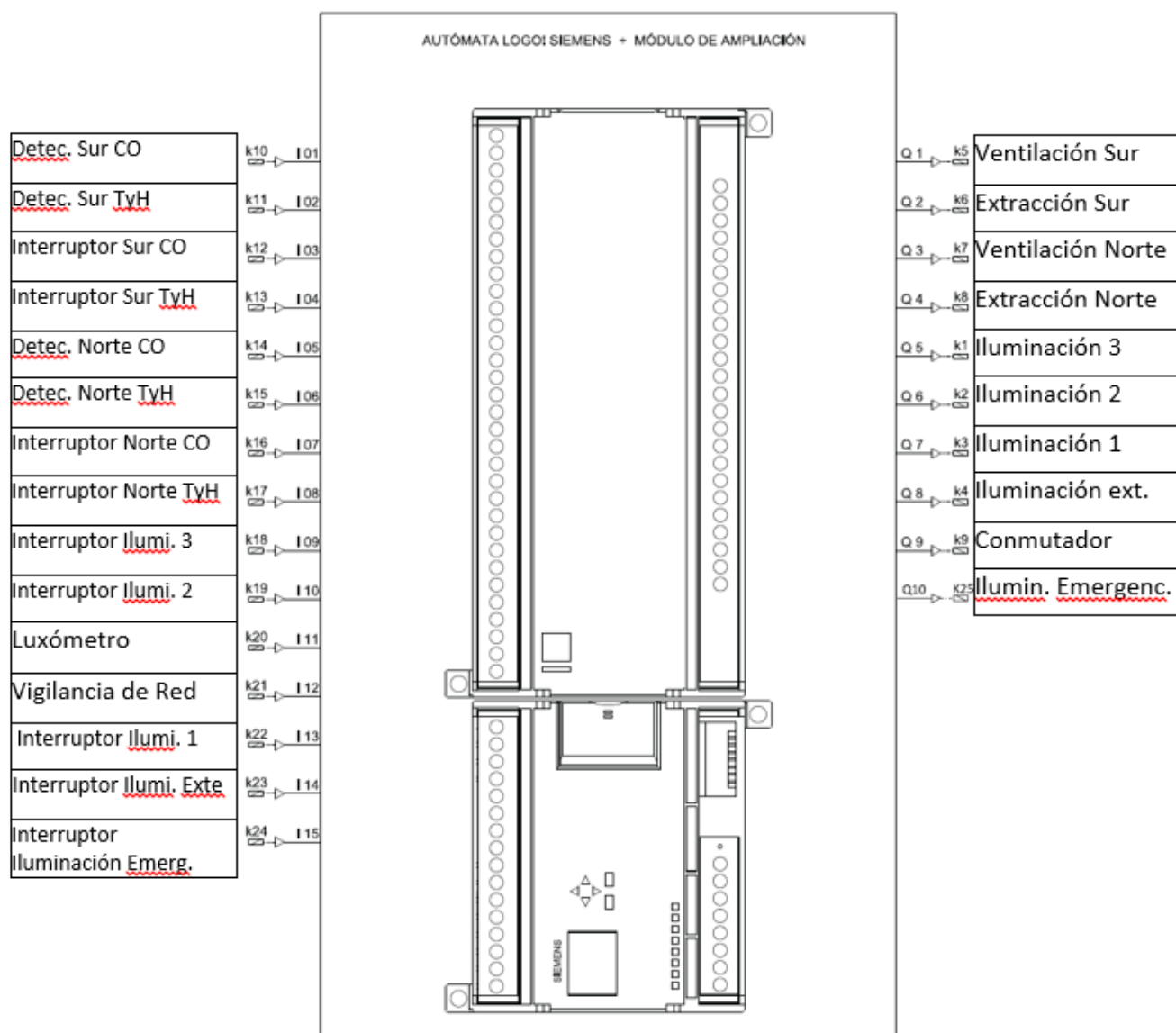


Ilustración 22: Conexión LOGO! SIEMENS

E. RECINTO DE GRUPO ELECTRÓGENO Y SAI

a. Descripción de la instalación

En este recinto se encuentra el Grupo Electrónico Diésel, Batería de Condensadores y el SAI y sus cuadros de protección (C_GRP_ELEC y C_SAI), también una toma de fuerza de 3000W y la iluminación interior correspondiente.

Los detalles de cada cuadro los podemos encontrar en el anejo de planos y una visión general en la Ilustración 20.

b. Grupo electrógeno

Teniendo en cuenta que se ha programado el autómata LOGO!, de manera que, en caso de incendio y/o ausencia de tensión en la Red, se ponga en marcha el estado de emergencia de iluminación y/o el accionamiento de los ventiladores y extractores; los detalles se explican en el anejo de Ventilación y Control de Incendios.

La instalación de un grupo electrógeno tiene por objeto suplir el suministro eléctrico de la compañía de forma parcial y en este caso se destinará a la alimentación de la extracción de aire y ventilación así como iluminación de seguridad y emergencia como a Control de equipos de carretera y Postes SOS.

Entonces potencia que será suministrada por el grupo electrógeno será:

$$P= 386913.8 \text{ W}, Q= 235501.53 \text{ var y } S= 452949,51 \text{ VA}$$

También se instala un cuadro eléctrico de protección C_GRUP_ELECT con interruptor automático y diferencial más detalles en el plano de unifilares.

Se instalará un cable de puesta a tierra desde la carcasa del generador a tierra.

- La tierra tendrá una resistencia máxima de 25 Ω .
- La sección mínima del cable de tierra será de 95 mm². Y cuando la sección deba ser superior, la que corresponda.

La conexión entre el C_GMP y el grupo electrógeno se realiza con 4(4x180+TT95)mm² Cu más detalles en los planos de unifilares.

1. Características generales

Tabla 11: Características del Grupo electrógeno

Fabricante	GENESAL ENERGY
Modelo	GEN700NC
Potencia (W)	560000
Aparente (VA)	700000
Velocidad (r.p.m.)	1500
Tensión (V)	400/230
Consumo de combustible (l/h)	136,4
Combustible	DIESEL
Volumen de Deposito (l)	1000
Caudal de Gas de Escape (m³/h)	7080

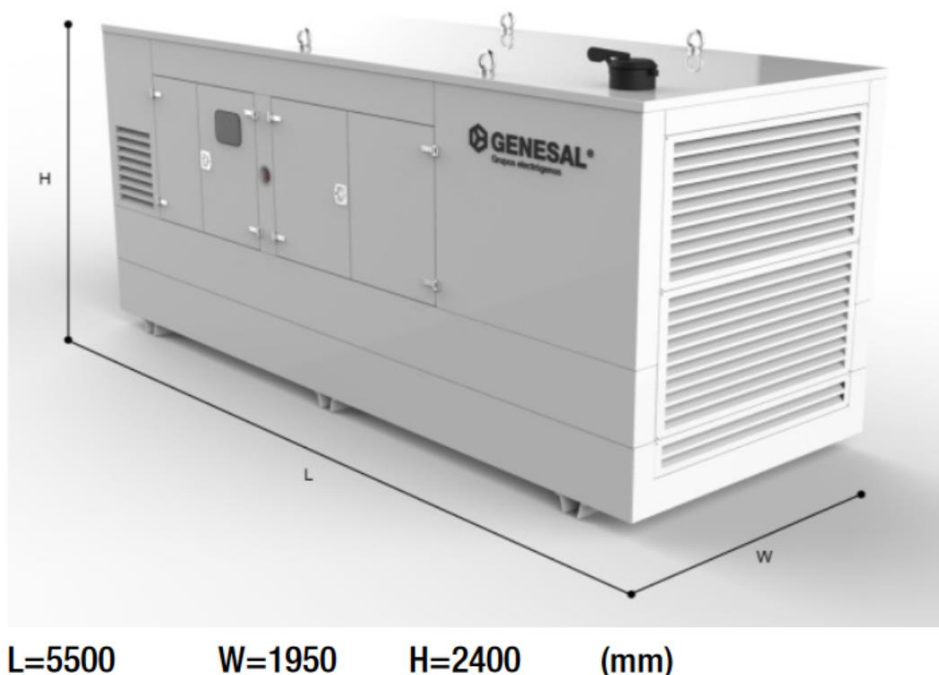


Ilustración 23: Dimensiones Grupo Electrónico

Los grupos electrógenos GENESAL cumplen el marcado CE que incluye las siguientes directivas:

ISO 13857:2008 Seguridad de Máquinas

2006/95/CE de Baja Tensión

89/336/CEE de Compatibilidad Electromagnética

2000/14/CE Emisiones Sonoras de Máquinas de uso al aire libre (modificada por 2005/88/CE)

97/68/CE de Emisión de Gases y Partículas contaminantes (modificada por 2002/88/CE y 2004/26/CE). (Aplicable salvo acuerdo con el cliente).

Condiciones ambientales de referencia: 1000 mbar, 25°C, 30% humedad relativa.

Potencia según la norma ISO 3046.

Nuestro Grupo Electrónico funcionará en Standby Power (ISO 3046 Fuel Stop power): Es la potencia máxima disponible para empleo bajo cargas variables por número limitado de horas por año (500h) dentro de los siguientes límites máximos de funcionamiento: 100% de la carga 25h/año -90% de la carga 200h/año. No existe sobrecarga. Es aplicable en caso de interrupción de la distribución en zonas de red eléctrica fiable.

2. Protecciones eléctricas y puestas a tierra

El grupo electrógeno incluye las siguientes protecciones eléctricas:

- Protección magnetotérmica tripolar.
- Protección diferencial regulable (tiempo y sensibilidad).

- Cuadro de control y parada de emergencia conmutada.
- Protecciones internas para los componentes del grupo (motor, alternador).

El grupo incluye instalación preparada para puesta a tierra. Para ello, se conectará cable de toma de tierra (desde la puesta a tierra de protección en el C_GMP.) en la caja de conexiones del grupo electrógeno.

3. Sistema de conmutación

Se empleará un sistema de conmutación para la conexión del grupo electrógeno y la desconexión de la red, y viceversa. Para asignar cuándo debe suministrar energía y cuándo la red, se empleará un detector de ausencia de tensión, conectado al autómatas "LOGO!".

El funcionamiento del sistema de conmutación será el siguiente:

- Cuando se detecte ausencia de tensión en la red (para que esto suceda se deben detectar ausencia de Tensión en las dos líneas de suministro), automáticamente se suministrará energía a través del grupo electrógeno al cuadro del SAI, ventiladores y extractores.
- El grupo electrógeno se mantendrá en funcionamiento 10 minutos más, después de detectar el suministro de Tensión en la Red.

La conexión de este Conmutador Automático se puede ver en los esquemas unifilares en los planos.

Control: La entrada I12 de Vigilancia de Red detecta ausencia de tensión y Activa el conmutador que es la salida Q9 y también la salida Q10 que es el nivel de iluminación de Emergencia. (Q9 y Q10 permanecerán activadas 10 minutos después de haberse restablecido la conexión a la red)

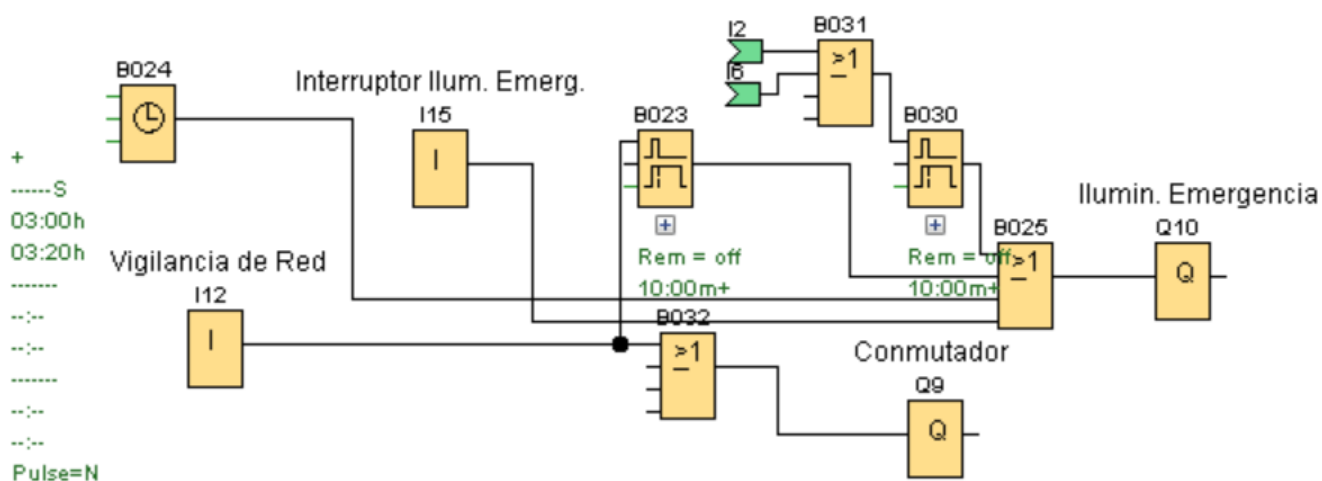


Ilustración 24: Programación LOGO! Vigilancia de red- Conmutador- Iluminación de Emergencia

Tabla 12: Características eléctricas del conmutador

Fabricante	ABB
Modelo	OMD 300
Tensión Máxima (V)	1000
Rango de Intensidades (A)	160/1600
Tensión (V)	230



Ilustración 25: Conmutador OMD 300

4. Suministro de combustible

El suministro de combustible se llevará a cabo mediante el propio depósito que el grupo incluye.

Con los datos del grupo electrógeno de consumo de combustible y volumen de capacidad del depósito, se puede hacer una estimación del tiempo de autonomía:

$$t = \frac{V_{dep}}{Consumo} = \frac{1000}{136.4} = 7,3 \text{ h de autonomía a pleno rendimiento}$$

Como en esta instalación solo se consume el $\frac{452949}{700000} = 64\%$ de potencia del Grupo electrógeno entonces para nuestra instalación tenemos un tiempo de autonomía de aproximadamente 10h; tiempo razonable para que las personas puedan salir por los pasillos de evacuación y que los bomberos o la ayuda llegue.

5. Gases de escape

Los gases del escape del grupo electrógeno serán canalizados:

- Mediante tubo rígido de acero inoxidable, de 200 mm de diámetro interior, desde el recinto hasta el túnel Norte.
- Mediante tubo ignífugo flexible, de 200 mm de diámetro interior, hasta el pozo de extracción del Túnel Norte..

Tubo flexible PRENOFLEX

Aplicaciones: Aspiración de gases de aceites y humos calientes, provenientes de soldaduras y motores.



Ilustración 26: Tubo flexible para gases de escape

Tabla 13: Características de tubo para gases de escape

3305	Peso g/mm	Espesor pared mm	€/m.l.
∅D interior mm			
203	1.170	2,4	53,61

c. Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)

Daremos alimentación ininterrumpida mediante un SAI a las siguientes cargas:

Detectores, Iluminación de Emergencia/Seguridad y permanente, Cuadro de control LOGO!, Cuadro de control Equipos de Carretera y Tomas de Fuerza.

Para alimentar estas cargas se necesitan:

P= 30913.8 W S= 34125.9 VA

1. Características generales



Ilustración 27: SAI LEGRAND 310460

Tabla 14: Características eléctricas del SAI

Fabricante	LEGRAND
Modelo	3 104 60
Potencia (W)	50000
Aparente (VA)	50000
Tensión de Entrada (V)	400/230
Tensión de Salida (V)	400/230
Rendimiento (%)	96%
Batería (Ah)	21 x 94Ah
Peso (kg)	240

2. Protecciones eléctricas y puestas a tierra

El SAI incluye las siguientes protecciones eléctricas en cuadro SAI (C_SAI):

- Protección magnetotérmica tripolar.
- Protección diferencial regulable (tiempo y sensibilidad).

El equipo también incluye instalación preparada para puesta a tierra. Para ello, se conectará cable de toma de tierra (desde la puesta a tierra de protección del C_GMP.) hasta el C_SAI.

La conexión entre el C_SAI y el C_GMP es con cable (4X35+TT16)m2 Cu más detalles en los planos de unifilares.

3. Sistema de conmutación

El SAI no llevará sistema de conmutación, sino que será un elemento "de paso", que se encuentre continuamente conectado. De esta forma, las baterías estarán siempre cargadas, para que en caso de en caso de fallo de red, el suministro sea continuo para los elementos conectados al SAI.

d. Baterías de condensadores para corrección del factor de potencia

Instalaremos batería de condensadores para intentar llevar el factor de potencia lo más próximo a la unidad pero siempre en el lado inductivo.

La potencia activa de toda la instalación es 709304.76 W, y se tiene un factor de potencia de 0.87

De acuerdo a al fabricante para conseguir un fator de potencia cercano a la unidad hacemos uso de Tabla 15.

Tabla 15: Coeficiente para obtener var necesario de batería de condensadores

		COS ϕ_m									
COS ϕ_0		0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
	0,87		0,082	0,111	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,316	0,364

$$709304,76 \text{ W} * 0.424 = 300745.2 \text{ var}$$

Por lo tanto elegimos un banco de condensadores de 325000 var

El conductor recomendado por el fabricante será 2(3x120+TTx95Cu) SZ1-K (AS+) pero como ya se explicó al considerar los recintos del tipo mojado utilizaremos el RZ1-K (AS).

Tabla 16: Características del conductor para la batería de condensadores

AFUMEX FIRS 1000 V (AS+)

Tensión nominal: 0,6/1 kV
 Norma diseño: UNE 211025
 Designación genérica: SZ1-K (AS+) - RZ1-K mica (AS+)

Número de conductores x sección mm ²	Espesor de aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20°C Ω /km	Intensidad admisible (1) A	Intensidad admisible enterrado (2) A	Caída de tensión V/A km (2)	
							cos ϕ = 1	cos ϕ = 0,8
1 x 120	1.2	19	1200	0.16	314	230	0,34	0,36

1. Características generales



Ilustración 28: Batería de condensadores

Tabla 17: Características de batería de condensadores

Fabricante	SIEMENS
Modelo	ES2:4RY0325-6NP40
Potencia Reactiva (var)	325000
Tensión (V)	400
Peso (kg)	172
Diemnsiones (mm)	1660x500x380

2. Protecciones eléctricas y puestas a tierra

La batería de condensadores incluye las siguientes protecciones eléctricas y estas estarán ubicadas en el cuadro general de mando y protección (C_GMP):

- Protección magnetotérmica tripolar.
- Protección diferencial regulable (tiempo y sensibilidad).

El equipo también incluye instalación preparada para puesta a tierra. Para ello, se conectará cable de toma de tierra (desde la puesta a tierra de protección del Equipo.) hasta el C_GMP.

e. Disposiciones especiales para los locales clasificados

Las indicaciones especiales para los locales clasificados como de pública concurrencia son las siguientes Cuadro protección: a la entrada del local, y fuera del alcance del público.

- Alumbrado: repartido en tres sectores, cada uno con interruptores automáticos magneto-térmicos y diferenciales distintos.

Tal como se explicó en el apartado Canalizaciones y Líneas generales de alimentación, se utilizará el conductor RZ1-K para toda la instalación de BT. Para toda la instalación, las canalizaciones serán estancas, utilizándose para terminales,

empalmes y conexiones de las mismas, sistemas y dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua, IPX4. Las canalizaciones prefabricadas tendrán el mismo grado de protección IPX4.

- Servicios generales: cables libres de cloro, con aislamiento con baja emisión de humos y gases corrosivos. RZ1-K(AS).
- Servicios de emergencia: cable capaz de mantener el servicio hasta aproximadamente una hora sometido al fuego. RZ1-K (AS).
- Sistema de conmutación, cuya función es cortar el suministro de la red y activar el del grupo electrógeno cuando el primero falla.
- Alumbrado de emergencia. Este servicio se utilizará para garantizar la seguridad, y no para reemplazar los servicios generales, facilitando la evacuación y un ambiente anti pánico.

f. Alumbrado interior ordinario y de emergencia

El alumbrado de interior el cual también servirá como alumbrado de emergencia está descrito con detalle en los planos de planta de Recintos Interiores y en plano de esquemas unifilares.

El circuito encargado de alimentar estas luminarias es INT, el tipo de luminarias escogidas es PHILIPS BGP 490 LLM3200 a una altura de 3.5m en el techo, más detalles en el anejo de alumbrado interior.

G. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

a. Método de cálculo de intensidades admisibles y caídas de tensión

Primero: calculamos la intensidad de corriente a plena carga con la siguiente ecuación:

Para trifásico: $P = \sqrt{3} U I \cos \varphi$

Para monofásico: $P = U I \cos \varphi$

Donde:

- I: intensidad de corriente de línea en A
- P: potencia activa en W
- U: tensión fase neutro (monofásica) o entre fases (trifásica) en V
- $\cos \varphi$

Para el cálculo de la intensidad en el circuito de motores, según la instrucción ITC-BT-47 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor.

Segundo: las caídas de tensión con las ecuaciones:

Para trifásico:

Para monofásico:

$$\Delta V(\%) = \frac{\sqrt{3} L I}{K s U} * 100\%$$

$$\Delta V(\%) = \frac{2 L I}{K s U} * 100\%$$

Donde:

Donde L = Longitud del conductor (m).

I = Intensidad máxima determinada por el calibre de la protección (A).

K = 56 para cobre, 35 para aluminio.

s = sección del cable (mm²).

U = tensión entre fases = 400 V.

V = Tensión entre fase y neutro = 230 V.

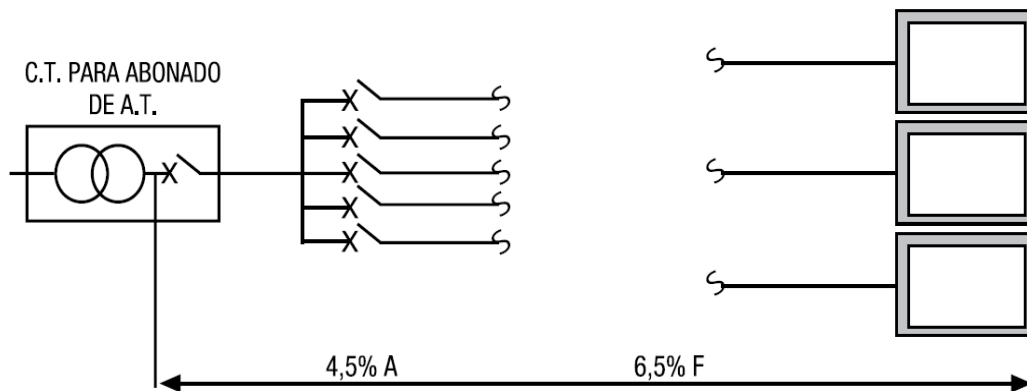


Ilustración 29: Máxima caída de tensión para alumbrado y fuerza

b. Método de cálculo de sección por corriente cortocircuito

Básicamente se comprueba que la sección elegida soporte la intensidad de cortocircuito máxima y mínima según el siguiente ejemplo.

Primero calculamos las impedancias: aquí arriba del punto donde inicia nuestro circuito por ejemplo desde el cuadro de baja tensión.

Impedancia de la red:

$$-Z_{Red} = \frac{V_{sec}^2}{S_{cc}} = \frac{400^2}{350 * 10^6} = 4,57 * 10^{-4} \Omega$$

Impedancia del cable HEPRZ:

$$R_{HEPRZ} = \rho \frac{L}{S} * \left(\frac{400}{20000}\right)^2 = 0,028 \frac{314}{150} * \left(\frac{400}{20000}\right)^2 = 2,34 * 10^{-5} \Omega$$

$$X_{HEPRZ} = j 0,15 \cdot 10^{-3} L \left(\frac{400}{20000} \right)^2 = j 0,15 \cdot 10^{-3} \cdot 314 \cdot \left(\frac{400}{20000} \right)^2 = j 1,88 \cdot 10^{-5} \Omega$$

$$Z_{HEPRZ} = \sqrt{R_{HEPRZ}^2 + X_{HEPRZ}^2}$$

$$-Z_{HEPRZ} = \sqrt{(2,34 \cdot 10^{-5})^2 + (1,88 \cdot 10^{-5})^2} = 3,001 \cdot 10^{-5} \Omega$$

Impedancia del transformador:

$$-Z_{Trafo} = \frac{U_{CC} V_{Sec}^2}{S_n} = \frac{0,06 \cdot 400^2}{1000000} = 0,0096 \Omega$$

La impedancia del cable desde el transformador hasta el cuadro de baja tensión:

$$R_{Trafo-CBT} = \rho \frac{L}{S} = 0,017 \cdot \frac{3}{720} = 1,88 \cdot 10^{-5} \Omega$$

$$X_{Trafo-CBT} = j 0,15 \cdot 10^{-3} \cdot L = j 0,15 \cdot 10^{-3} \cdot 3 = j 0,45 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$Z_{Trafo-CBT} = \sqrt{R_{Trafo-CBT}^2 + X_{Trafo-CBT}^2}$$

$$-Z_{Trafo-CBT} = \sqrt{(1,88 \cdot 10^{-5})^2 + (0,45 \cdot 10^{-3})^2} = 4,5 \cdot 10^{-4} \Omega$$

Ahora calculamos la intensidad de cortocircuito en el cuadro de baja tensión

$Z_{CBT} = (Z_{Red} + Z_{HEPRZ} + Z_{Trafo} + Z_{Trafo-CBT}) = 0,010537 \Omega$ (impedancia desde el cuadro de baja tensión agua arriba)

$$I_{CC \text{ máx}(CBT)} = \frac{U}{\sqrt{3} (Z_{Red} + Z_{HEPRZ} + Z_{Trafo} + Z_{Trafo-CBT})}$$

$$I_{CC \text{ máx}(CBT)} = \frac{400}{\sqrt{3} (4,57 \cdot 10^{-4} + 3,001 \cdot 10^{-5} + 0,0096 + 4,5 \cdot 10^{-4})}$$

$$I_{CC \text{ máx}(CBT)} = 21917 A$$

Por ejemplo para el cálculo de la sección del circuito PERM1 calculamos la intensidad teórica que atraviesa el circuito:

$$P = U I \cos \varphi$$

$$120 = 230 \cdot I \cdot 0,9$$

$$I = 0,57 A$$

Por intensidad admisible:

Para 0,57 A se elige el siguiente cable.

Número de conductores x sección mm ²	Espesor de aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20°C Ω/km	Intensidad admisible (1) A	Intensidad admisible enterrado (2) A	Caída de tensión V/A km (2)	
							cos φ = 1	cos φ = 0,8
1x1,5	0,7	5,7	42	13,3	21	21	26,5	21,36
1x2,5	0,7	6,2	60	7,98	29	27,5	15,92	12,88
1x4	0,7	6,8	74	4,95	38	35	9,96	8,1
1x6	0,7	7,3	96	3,3	49	44	6,74	5,51

Pero hay que recordar que por la bandeja has más circuitos luz de emergencia, detectores, luz exterior, luz principal y postes SOS.

Punto	Disposición	Número de circuitos o cables multiconductores								Instalación tipo	
		1	2	3	4	6	9	12	16		20
1	Empotrados, embutidos (dentro de un mismo tubo, canal o grapados sobre una superficie al aire)	1,0	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	A a F

Por lo tanto, la intensidad que admite este cable será $21 \cdot 0.55 = 11.25A > 0.57A$ cumple.✓

Por caída de tensión:

Mediante la ecuación anteriormente mostrada, calculamos caída de tensión y verificamos que sea menor a 4.5% ya que es un circuito de alumbrado:

$$\Delta V(\%) = \frac{2 \cdot 350 \cdot 0.57}{56 \cdot 1.5 \cdot 230} \cdot 100\% = 0.02\% < 4.5\% \text{ cumple. } \checkmark$$

Por corriente de cortocircuito:

El circuito PERM1 parte del cuadro C_SAI hay que hallar la $Z_{CBT} + Z_{CBT-C_{GMP}} + Z_{C_{GMP}-C_{SAI}} + Z_{PERM1}$

$$Z_{CBT} = (Z_{Red} + Z_{HEPRZ} + Z_{Trafo} + Z_{Trafo-CBT}) = 0.010537 \Omega$$

según Iberdrola MT 2.51.01. Tendremos en cuenta la Tabla 1 Resistencias y Reactancias.

Tabla 1
Resistencia y reactancia

Sección de fase en mm ²	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

$$Z_{CBT-C_{GMP}} = \sqrt{(R \cdot L)^2 + (X \cdot L)^2} = \sqrt{(0.125 \cdot 0.022)^2 + (0.07 \cdot 0.022)^2} = 3.15 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$Z_{C_{GMP} - C_{SAI}} = \sqrt{(0.554 \cdot 0.01)^2 + (0.08 \cdot 0.01)^2} = 5.5974 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$Z_{PERM1} = \sqrt{(13.3 \cdot 0.35)^2 + (0.08 \cdot 0.35)^2} = 4.655 \Omega$$

Ahora sacamos la Iccmin cuando el corto se produce al final del circuito PERM1.

$$I_{CC\ min} = \frac{230}{(0.010537 + 3.15 \cdot 10^{-3} + 5.5974 \cdot 10^{-3} + 4.655)} = 49.20A$$

Sección S mm ²	Duración del cortocircuito en segundos (t)									
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	
0,5	226	160	131	101	72	58	51	45	41	
0,75	339	240	196	152	107	88	76	68	62	
1	452	320	261	202	143	117	101	90	83	
1,5	678	480	392	303	215	175	152	136	124	
2,5	1.131	799	653	506	358	292	253	226	206	
4	1.809	1.279	1.044	809	572	467	404	362	330	
6	2.713	1.919	1.566	1.213	858	701	607	543	495	

Entonces se verifica que el cable elegido soporta 101A > 49.2A ✓

Pero si nos ponemos en el caso más desfavorable en el que el corto se produce en la primera luminaria que alimenta el circuito PERM1 el cual está a solo 15 metros del cuadro de protección. Haciendo los nuevos cálculos.

$$I_{CC\ min}' = \frac{230}{(0.010537 + 3.15 \cdot 10^{-3} + 5.5974 \cdot 10^{-3} + 0.19)} = 1094A$$

Por ser un circuito de elevada importancia ya que es la que se mantiene en funcionamiento todo el tiempo el alumbrado permanente/ emergencia, el cual sirve para la seguridad de personas en situaciones de emergencia de accidentes, incendios, derrumbes, etc. mejorando el escape o evacuación. Por lo tanto, se selecciona la sección de 6 mm² ya que soporta un I_{cc}=1213 > 1094A.

Aprovechamos en explicar el cálculo de la protección magnetotérmica para el circuito PERM1, sacamos la I_{ccmax} que será al inicio del circuito PERM1.

$$I_{CC\ max} = \frac{230}{(0.010537 + 3.15 \cdot 10^{-3} + 5.5974 \cdot 10^{-3})} = 11926.73\ A$$

Entonces se elige el magnetotérmico: 2 polos 5 A, curva B con un poder de corte de cortocircuito de 20kA

Por lo tanto 20kA > 11926A = I_{cc max} ✓ y por tener curva B, 5*5A=25 < 49.2A = I_{cc min} ✓

c. Resultados obtenidos

De acuerdo al ejemplo anterior se muestra las intensidades y cables escogidos para el cuadro general de mando y protección C_GMP.

CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN (C_GMP)												
Circuito	Fase	Potencia (W)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	Caí. Ten (%)	R (Ohm/km)	X (Ohm/km)	Z(Ohm)	Iccmin	Iccmax
C_ALUM_SUR	RST	82660	5	4x95+TTx50Cu	149.14	180	0.06	0.206	0.076	0.00109786	15620.04	16872.95
C_ALUM_NOR	RST	63680	5	4x70+TTx35Cu	114.9	149	0.06	0.272	0.08	0.0014176	15289.39	16872.95
C_SAI	RST	30914.2	10	4x35+TTx16Cu	55.78	96	0.11	0.554	0.08	0.00559746	11975.45	16872.95
Batería Condensadores (var)	RST	325000	10	2(3x120+TTx95)Cu	355.08	368	0.19	0.161	0.076	0.00178037	14930.80	16872.95
C_EXTRACCIÓN	RST	183750	10	2(4x95+TTx50)Cu	331.54	360	0.13	0.206	0.076	0.00219572	14540.33	16872.95
C_VENTILACIÓN	RST	357500	10	3(4x150+TTx95)Cu	645.03	708	0.11	0.127	0.075	0.00147492	15231.58	16872.95
C_GRUP_ELECT	RST	560000	15	4(4x180+TTx95)Cu	1010.39	1072	0.15	0.127	0.075	0.00221239	14525.10	16872.95

Las tablas con informaciones de todas las secciones escogidas mediante los métodos explicados en párrafos anteriores para cada circuito de este proyecto se encuentran en el anejo de cálculos o consultar el anejo de planos.

H. CONCLUSIÓN Y FIRMA

Teniendo en cuenta el buen diseño de las instalaciones, los materiales a utilizar, el cumplimiento de las normas y reglamentos vigentes, las especificaciones del peticionario que en este caso el peticionario es la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar y el buen criterio del proyectista.

Llego a la conclusión de que este es un proyecto acorde a las exigencias impuestas por el peticionario y acorde a las normas vigentes.

Neel Marck Vargas Eufrazio
En Béjar; Septiembre del 2017.

IV. ANEJO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE INCENDIOS

A. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

La ventilación y el uso del mismo, para ayudar a controlar los posibles incidentes (incendios) dentro del túnel, es una parte importante en el diseño de un túnel; en este anejo se trata de explicar el cálculo, la elección y ubicación de los ventiladores para nuestro túnel.

B. NORMATIVA APLICADA

-REAL DECRETO 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado. Debe analizarse control de contaminantes en situación normal de tráfico y congestionado, así como el control de calor y humo en caso de incendio.

Se establece un incendio tipo de 30 MW y caudal de humos de 120 m³/s.

-Manual de la explotación de los túneles de la RCE (OC 33/2013).

-Metodología de inspección de túneles (OC 27/2008).

-Metodología de análisis de riesgo en los túneles de la Red de Carreteras del Estado (Resolución 30-05-2012).

-Metodología de inspección de túneles (OC 27/2008).

C. VENTILACIÓN PARA DILUCIÓN DE CO

a. Ventilación longitudinal: caudales

Según el peticionario, se exige Ventilación normal para dilución de contaminantes, mediante circulación longitudinal forzada y reversible de al menos 95 m³/(s·km·carril) para flujo de tráfico normal y denso. Una pareja de ventiladores cada tramo de 150 m.

1. Caudal Túnel Sur

El Q_{ST} (caudal total para el túnel Sur), teniendo en cuenta que tiene 3 carriles y 0.6 km de longitud; se obtiene $Q_{ST} = 95 \cdot 3 \cdot 0.6 = 171 \text{ m}^3/\text{s}$.

Entonces con 8 ventiladores tenemos que superar el caudal $Q_{ST} = 171 \text{ m}^3/\text{s}$

2. Caudal Túnel Norte

El Q_{NT} (caudal total para el túnel Norte), teniendo en cuenta que tiene 2 carriles y 0.6 km de longitud; se obtiene $Q_{NT} = 95 \cdot 2 \cdot 0.6 = 114 \text{ m}^3/\text{s}$.

Entonces con 6 ventiladores tenemos que superar el caudal $Q_{NT} = 114 \text{ m}^3/\text{s}$

b. Selección y ubicación de ventiladores

Se disponen ventiladores axiales (de chorro) en el interior del túnel. El aire se impulsa desde una boca hasta la contraria ya que es lo recomendado para túneles de circulación unidireccional; con la ventaja de un gran ahorro de energía, ya que parte de ese caudal se moverá con la energía dinámica de los vehículos.

1. Ventiladores Túnel Sur

Usaremos 8 Ventiladores reversibles JZR 10-22/4 de la marca Zitron, ya que obtendremos un $Q = 23 \cdot 8 = 184 > 171 \text{ m}^3/\text{s}$ **cumple**

Tabla 18: Características de Ventilador para Túnel Sur

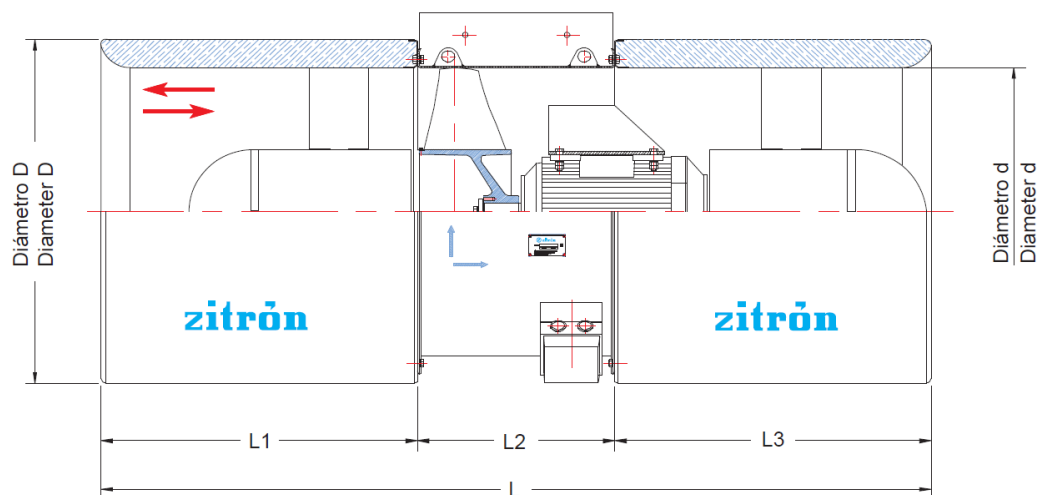
MODELO □ □ TYPE □	Caudal □ Air □ Flow □ m ³ /s □	Velocidad del chorro □ Jet □ Velocity □ m/s □	Empuje Teórico □ Theoretical □ Thrust □ N. □	Empuje Nominal □ Nominal □ Thrust □ N. □	Potencia Absorbida □ Input □ Power □ Kw. □	Potencia Instalada □ Installed □ Power □ Kw. □	Niv. Sonoro a 10 mts. □ Noise level □ at 10 mts. □ dB(A) □
JZR 10-22/4	23.0	29.3	809	768	19.7	22.0	72

2. Ventiladores Túnel Norte

Usaremos 8 Ventiladores reversibles JZR 7-22/2 de la marca Zitron, ya que obtendremos un $Q = 14,5 \cdot 8 = 116 > 114 \text{ m}^3/\text{s}$ **cumple**

Tabla 19: Ubicación de los Ventiladores JZR 7-22/7 para el Túnel Norte

MODELO □ □ TYPE □	Caudal □ Air □ Flow □ m ³ /s □	Velocidad del chorro □ Jet □ Velocity □ m/s □	Empuje Teórico □ Theoretical □ Thrust □ N. □	Empuje Nominal □ Nominal □ Thrust □ N. □	Potencia Absorbida □ Input □ Power □ Kw. □	Potencia Instalada □ Installed □ Power □ Kw. □	Niv. Sonoro a 10 mts. □ Noise level □ at 10 mts. □ dB(A) □
JZR 7-22/2	14,5	37.7	656	626	20.9	22.0	73



MODELO TYPE	Diam. Diam. D mm.	Diam. Diam. d mm.	Longit. Length L mm.	Longit. Length L1 mm.	Longit. Length L2 mm.	Longit. Length L3 mm.	Peso Weight (Kg)*
JZR 7	900	700	2700	1025	650	1025	650
JZR 10	1200	1000	2700	1025	650	1025	850

Ilustración 30: Dimensiones y Pesos de los Ventiladores



Ilustración 31: Ubicación y numeración de los ventiladores

D. EXTRACCIÓN DE HUMOS DE INCENDIO Y CONTROL DEL CALOR

Según el peticionario, se exige Extracción forzada en caso de incendio, para control de calor y evacuación de humos, mediante un pozo vertical por sentido en cual se dimensionará para extraer $175 \text{ m}^3/\text{s} = 630000 \text{ m}^3/\text{h}$ cada uno.

a. Ubicación y caudales de los pozos de extracción

Entonces los caudales serán los mismos para cada túnel $Q_N = Q_S = 630000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Usaremos 6 extractores para cada túnel, distribuidos uno al lado del otro formando un rectángulo como se muestra a continuación, que estarán ubicados en el medio de cada Túnel.

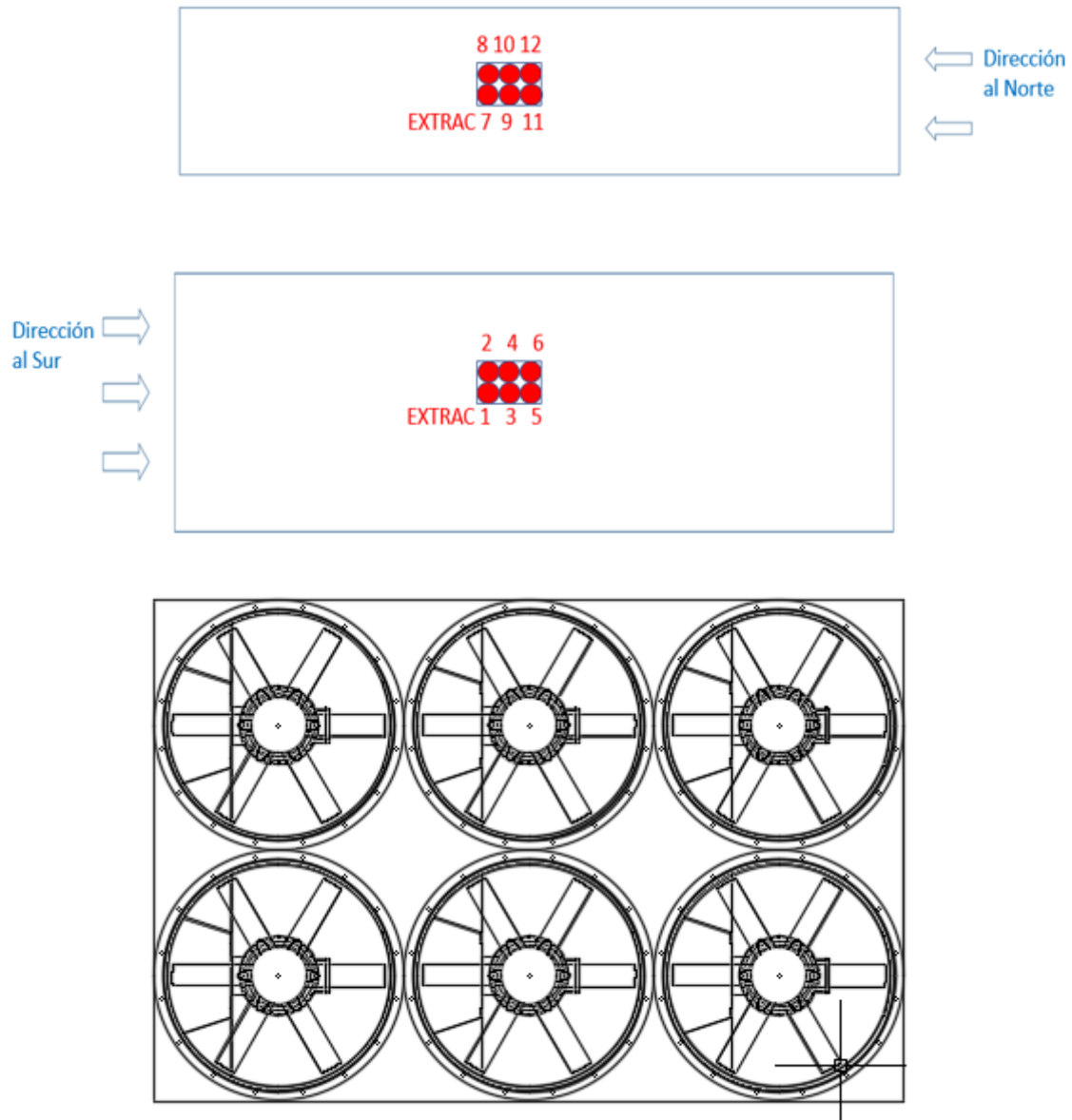


Ilustración 32: Ubicación y numeración de los extractores

b. Selección de ventiladores extractores

Los extractores son del tipo THT-160-6T/6-20 de la marca Sodeca, ya que obtendremos un $Q = 111450 \cdot 6 = 668700 > 630000 \text{ m}^3/h$ **cumple**

Tabla 20: Características de Extractor para Túnel Sur y Norte

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)			Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel presión sonora dB(A)	Peso aprox. (Kg)	
		230V	400V	690V				Larga	Corta
THT-160-6T/6-20	970		27,40	15,80	15,00	111450	86	532	463

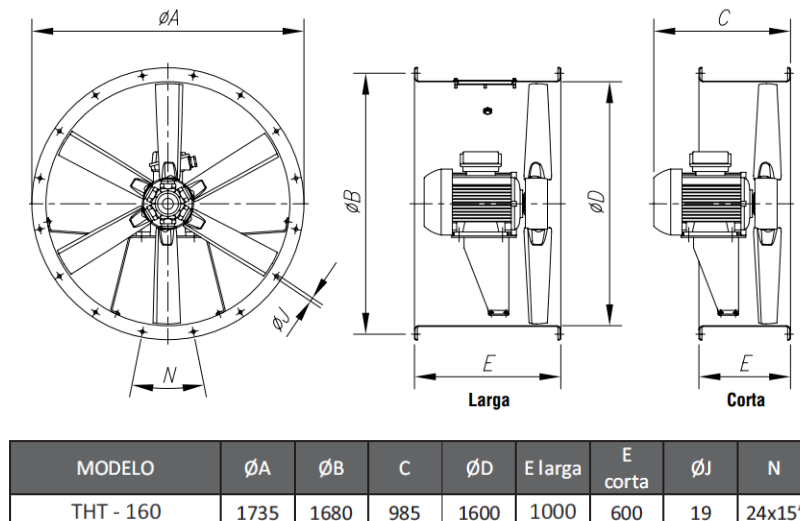


Ilustración 33: Dimensiones del Extractor

c. Circuitos para la ventilación y extracción

Se tienen 12 circuitos para los extractores y 16 para los ventiladores. Las secciones, longitudes y demás características eléctricas están en el anejo de cálculos y detalles en los planos.

E. ALIMENTACIÓN Y CONTROL DE VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN

a. Componentes del sistema de detección

1. Detectores: tipos y ubicación

El sistema de detección estará formado por detectores de humo, térmico (termovelocimétricos), y de gases contaminantes (CO).

- Los detectores de calor: Según UNE 23007-14:1996: deberán distribuirse de forma tal que ningún punto del techo o de la cubierta quede situado a una distancia horizontal de un detector superior a los valores Smáx. indicados en la tabla 21.

Datos: cada tubo del Túnel tiene un Área $S_{SL} = 9300 \text{ m}^2$ y $S_{NL} = 7200 \text{ m}^2$, la altura máxima interior es $h = 8 \text{ m}$ y el ángulo $i = 23.96^\circ$

Tabla 21: Elección de superficie mínima de vigilancia de los detectores de calor

Tabla A.1

Superficie del local (S _L)	Altura del local (h)	Superficie máxima de vigilancia (S _V) y Distancia máxima entre detectores (S _{máx.})					
		INCLINACIÓN DEL TECHO					
		i < 15°		15° < i < 30°		i > 30°	
		PENDIENTE DEL TECHO					
		p ≤ 0,2679		0,2679 < p ≤ 0,5774		p > 0,5774	
m ²	m	S _V (m ²)	S _{máx.} (m)	S _V (m ²)	S _{máx.} (m)	S _V (m ²)	S _{máx.} (m)
S _L ≤ 30	Cat. 1 → 7,5 Cat. 2 → 6,0 Cat. 3 → 4,5	30	7,90	30	9,20	30	10,60
S _L > 30	Cat. 1 → 7,5 Cat. 2 → 6,0 Cat. 3 → 4,5	20	6,50	30	9,20	40	12,20

Con esos valores obtenemos $S_V = 30 \text{ m}^2$ y $S_{máx} = 9.2 \text{ m}$

Número mínimo de detectores = $\frac{S_L}{S_V}$

Nº de Detec. para el Sur = 310

Nº de Detec. para el Norte = 240

- Los detectores de Humo: Según UNE 23007-14:1996: deberán distribuirse de forma tal que ningún punto del techo o de la cubierta quede situado a una distancia horizontal de un detector superior a los valores S_{máx.} indicados en la tabla A.2.

Datos: cada tubo del Túnel tiene un Área $S_{SL} = 9300 \text{ m}^2$ y $S_{NL} = 7200 \text{ m}^2$, la altura máxima interior es $h = 8 \text{ m}$ y el ángulo $i = 23.96^\circ$

Tabla 22: Elección de superficie mínima de vigilancia de los detectores de humo

Tabla A.2

Superficie del local (S _L)	Altura del local (h)	Superficie máxima de vigilancia (S _V) y Distancia máxima entre detectores (S _{máx.})					
		INCLINACIÓN DEL TECHO					
		i < 15°		15° < i < 30°		i > 30°	
		PENDIENTE DEL TECHO					
		p ≤ 0,2679		0,2679 < p ≤ 0,5774		p > 0,5774	
m ²	m	S _V (m ²)	S _{máx.} (m)	S _V (m ²)	S _{máx.} (m)	S _V (m ²)	S _{máx.} (m)
S _L ≤ 80	h ≤ 12	80	11,40	80	13,00	80	15,10
S _L > 80	h ≤ 6	60	9,90	80	13,00	100	17,00
	6 < h ≤ 12	80	11,40	100	14,40	120	18,70

Con esos valores obtenemos $S_V = 100 \text{ m}^2$ y $S_{máx} = 14.4 \text{ m}$

Número mínimo de detectores = $\frac{S_L}{S_V}$

Nº de Detec. para el Sur = 94

Nº de Detec. para el Norte = 72

- [Los detectores de CO:](#) No hay normativa para este tipo de detectores, pero teniendo en cuenta que el CO es más ligero que el aire , tiende a depositarse en lo alto, se opta por poner un detector para 150 m².

Nº de Detec. para el Sur = 9300/150=62

Nº de Detec. para el Norte = 7200/150= 48

- [Soluciones Adoptadas:](#)

Detector combinado de humo y termovelocimétrico: SecuriStar MCD 573X-SP

Para el Sur 310 unidades y para el Norte 240 unidades.

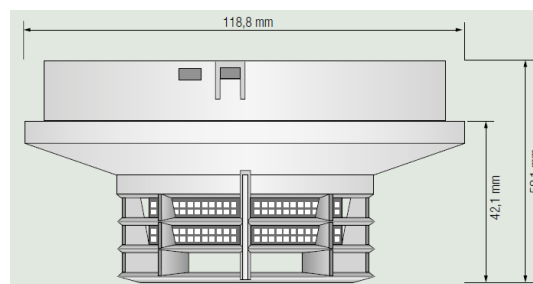


Ilustración 34: Detector de humo y temperatura SecuriStar MCD 573X-SP

Tabla 23: Características de detectores de humo y temperatura SecuriStar MCD 573X-SP

Características técnicas/Datos técnicos	
24 VDC	Tensión de servicio
12 a/até 31 VDC	Rango de tensión permitido
150 µA	Corriente de servicio, reposo (máx.)
20 mA	Corriente de servicio, alarma (máx.)
EN 54-3/5/7/29	Normas
LED rojo/vermelho	Display individual
5,0 V	Indicador externo
5 mA/1 mA/0,1 mA	
92/81/69 dB(A)	Volumen del sistema acústico
	Condiciones ambiente
-25 °C a/até +60 °C	Rango de temperatura servicio
10 ... 95%	Humedad relativa temporal
70%	Humedad relativa constante
Blanco/branco	Color
ABS/PC	Material de la carcasa
133 g	Peso

Detector de CO: RS485

Para el Sur 62 unidades y para el Norte 48 unidades.

Detector RS485 por sensor electroquímico para la detección de monóxido de Carbono (CO). Desarrollado exclusivamente para su uso con Eurosondelco y Siemens CC62P.

El monóxido de carbono (CO) es un gas venenoso, inodoro e incoloro, producto de la combustión incompleta de los combustibles fósiles (gasolina, butano, propano, gas natural, petróleo, carbón y madera), que es muy peligroso al ser respirado incluso en pequeñas cantidades.

Algunas fuentes de emisión de CO son los quemadores de combustible en mal estado o mal instalados, calentadores de agua, chimeneas, vehículos a gasolina, etc.

Principales aplicaciones: aparcamientos subterráneos, túneles, industria en general. Tecnología Microprocesador y sensor electroquímico que incorpora filtro para SOx / NOx / H2S.

Características técnicas:

Tensión de alimentación: De 9V a 15V DC

Consumo 8mA (reposo): 15mA (alarma)

Rango de medida: De 0 a 400 ppm

Resolución: ± 2 ppm

Reproductividad: 1% fondo de escala

Linealidad: Lineal en toda la escala

Gas de calibración mezcla precisa: 200 ppm CO + N2 150 ml / min

Vida útil del sensor: 4 años en condiciones normales de trabajo

Humedad relativa: Del 15% al 90% (continuo) y del 0% al 99% (intermitente)

Presión atmosférica $\pm 10\%$

Temperatura de trabajo: De -15 °C a $+50$ °C

Tiempo de respuesta: T90 < 40 s

Entrada de cable: mediante prensaestopas PG9 autoblocante IP67

Comunicación: RS 485 direccionable (1 al 16)

Grado de protección: IP65

Material: Makrolon & ABS

Peso (g) y medidas (mm) 325 / 120 x 150 x 63

Altura de instalación 1,8 / 2 m del suelo

Cobertura: 200 m2 (Según normativa vigente).



Ilustración 35: Detector de CO RS485

- Ubicaciones:

Las ubicaciones de los detectores se muestran en detalle en los planos.

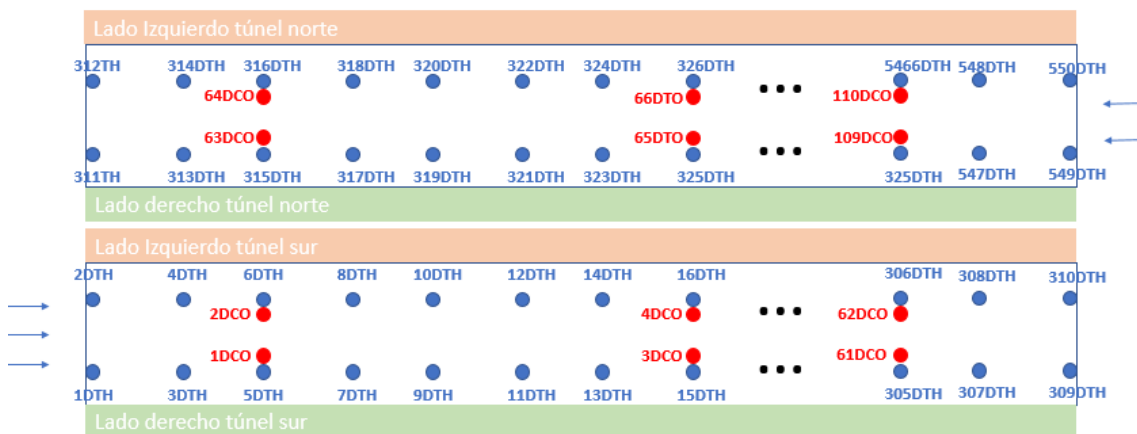


Ilustración 36: Ubicación y nombre de detectores CO y TH - Vista Planta

2. Centralita: características principales

El sistema de detección está programado para dos casos de funcionamiento:

- Funcionamiento caso Normal: arrancarán los ventiladores para la dilución longitudinal de gases emitidos por los vehículos (CO) cuando se detecte la presencia de alguno de estos gases o de forma programada.

- Funcionamiento caso Emergencia: si los sensores para la detección de Temperatura y Humo detectan un posible accidente, se activará el estado de "Emergencia" del túnel correspondiente. Esto significa que se tomarán las medidas necesarias para la seguridad de los usuarios, no solo en el ámbito de antiincendios que se está tratando, sino también en otros apartados como la iluminación de emergencia. Para este, la activación del estado de Emergencia supondrá el arranque de los extractores para la eliminación de humo y control del calor.

La programación del sistema de ventilación y control de incendios se ha diseñado dando prioridad a la extracción en caso de incendios respecto a la ventilación para la dilución de contaminantes. El mecanismo encargado de controlar estos modos de funcionamiento será el autómatas LOGO!, cuya programación se explica a continuación:

- **Características**

Se han dividido los detectores de cada túnel en cuatro circuitos, para que un fallo (por ejemplo, un cortocircuito), no deje sin detección a todo el túnel.

La división se ha realizado, asignando al circuito la letra D o I, ya que D= Lado Derecho o I= Izquierdo del Túnel Norte o Sur, más detalle en los planos.

-Los detectores de CO activan las entradas I5 (túnel Norte) e I1 (túnel Sur) cuando detectan gases contaminantes.

La activación de una de estas entradas (I5 o I1) provoca la activación de las salidas Q1 para el Túnel Sur y Q3 para el Túnel Norte las cuales activarán el arranque de los motores de ventilación del túnel correspondiente, se mantiene 5 minutos más en funcionamiento después de desactivarse la entrada del detector.

Existe un modo de ventilación, programada de lunes a viernes, para las horas de mayor tráfico vehicular de 06:00/09:00, 13:00/15:00 y 20:00/22:00, pero en este caso Q1 y Q3 funcionarán de manera alternada 10 minutos uno luego el otro.

-Los detectores de Humo y Temperatura activan las entradas I6 (túnel Norte) e I2 (túnel Sur) cuando detectan un incendio.

La activación de estas entradas provoca la activación de las salidas Q2, para el Túnel Sur y/o Q4 para el Túnel Norte las cuales activarán el arranque de los motores de extracción, se mantiene Q2 y Q4 en funcionamiento 5 minutos más después de desactivarse la entrada del detector (I6 o I2), también se activarán Q1 y Q3 los ventiladores longitudinal del túnel correspondiente; los motores de los ventiladores longitudinales funcionarán de manera intermitente 10 min en funcionamiento y 10 min apagado mientras este activo I6 o I2.

Evidentemente, si se activan Los detectores de Humo y Temperatura se activará la iluminación de emergencia salida Q10 el cual permanecerá encendido 10 minutos después que se desactive I6 o I2.

Intentando mantener en estado óptimo los extractores, se programa a modo de mantenimiento el encendido de estas, el domingo a 01:00/01:10 y el otro de 01:11/01:20.

A continuación, se muestra la programación del autómatas LOGO! para la ventilación y extracción. Teniendo en cuenta que la programación para la salida Q10 de iluminación de emergencia ya fue mostrada en la ilustración 17.

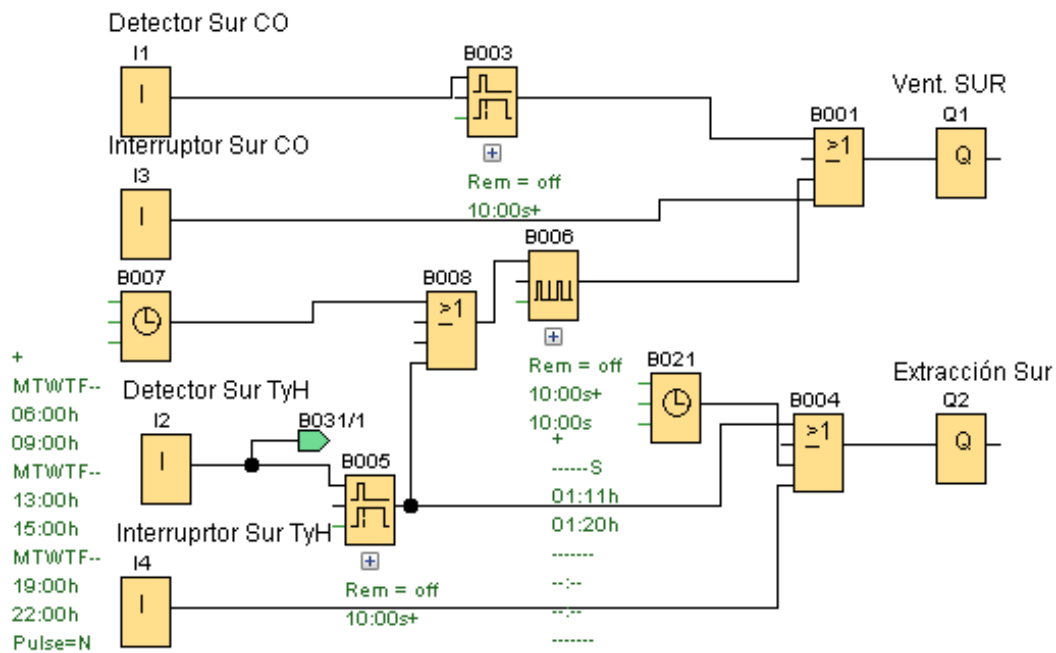


Ilustración 37: Programación LOGO! Ventilación y Extracción -Sur

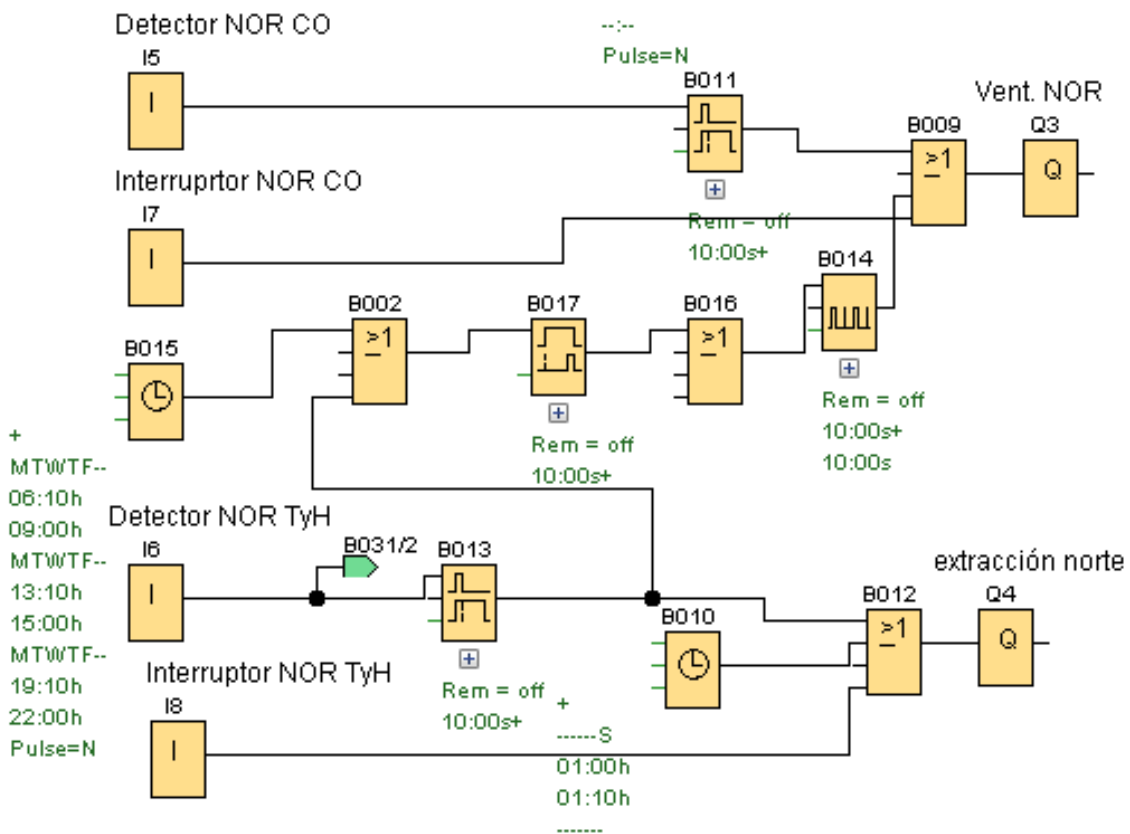


Ilustración 38: Programación LOGO! Ventilación y Extracción -Norte

b. Características generales de la instalación: canalizaciones y conductores

1. Cableado de alimentación

La instalación de cada sistema de detección se repartirá en 16 circuitos (8 para detección de humo y temperatura y otros 8 para gases).

Las características del cableado de alimentación se detallan en el anejos de planos.

En general Para toda la instalación de este proyecto, las canalizaciones serán estancas, utilizándose para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas y dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua, IPX4. Las canalizaciones prefabricadas tendrán el mismo grado de protección IPX4.

La modalidad escogida para toda la instalación según norma UNE 20460-5-523 será B2 ya que tendremos bandejas con tapa estancas para todas las canalizaciones apoyadas sobre soportes fijadas a la pared. Este tipo de bandeja será de un material aislante por lo que no será necesario ponerlo a tierra.

Circuitos para los detectores: se tendrán 4 circuitos para los detectores de CO para cada túnel y se tendrán 4 circuitos para los detectores de HyT para cada túnel.

Túnel Sur circuitos para detectores de Humo y Temperatura:

SUR-HyT-1D: Túnel sur, Detectores de Humo y Temperatura, circuito 1 lado derecho. Desde 1DTH, 3DTH, 5DTH ... 155DTH

SUR-HyT-2D:Túnel sur, Detectores de Humo y Temperatura, circuito 2 lado derecho. Desde 157DTH, 159DTH, 161DTH ... 309DTH

SUR-HyT-1I: Túnel sur, Detectores de Humo y Temperatura, circuito 1 lado izquierdo. Desde 2DTH, 4DTH, 6DTH ... 156DTH

SUR-HyT-2I: Túnel sur, Detectores de Humo y Temperatura, circuito 2 lado izquierdo. Desde 158DTH, 160DTH, 160DTH ... 310DTH

Túnel Sur circuitos para detectores de CO:

SUR-CO-1D: Túnel sur, Detectores de gases CO, circuito 1 lado derecho. Desde 1DCO, 3DCO, 5DCO ... 31DCO

SUR-CO-2D: Túnel sur, Detectores de gases CO, circuito 2 lado derecho. Desde 33DCO, 35DCO, 37DCO ... 61DCO

SUR-CO-1I: Túnel, Detectores de gases CO, circuito 1 lado izquierdo. Desde 2DCO, 4DCO, 6DCO ... 32DCO

SUR-CO-2I: Túnel sur, Detectores de gases CO, circuito 2 lado izquierdo. Desde 34DCO, 36DCO, 38DCO ... 66DCO

Para el túnel Norte se sigue exactamente el mismo criterio:

Túnel Norte circuitos para detectores de Humo y Temperatura:

NOR-HyT-1D: Túnel norte, Detectores de Humo y Temperatura, circuito 1 lado derecho. Desde 311DTH, 313DTH, 315DTH ... 429DTH

NOR-HyT-2D: Túnel norte, Detectores de Humo y Temperatura, circuito 2 lado derecho. Desde 431DTH, 433DTH, 435DTH ... 549DTH

NOR-HyT-1I: Túnel norte, Detectores de Humo y Temperatura, circuito 1 lado izquierdo. Desde 312DTH, 314DTH, 316DTH ... 430DTH

NOR-HyT-2I: Túnel norte, Detectores de Humo y Temperatura, circuito 2 lado izquierdo. Desde 432DTH, 434DTH, 436DTH ... 550DTH

Tunel Norte circuitos para detectores de CO:

NOR-CO-1D: Tunel Norte, Detectores de gases CO, circuito 1 lado derecho. Desde 63DCO, 65DCO, 67DCO ... 85DCO

NOR-CO-2D: Tunel Norte, Detectores de gases CO, circuito 2 lado derecho. Desde 87DCO, 89DCO, 91DCO ... 109DCO

NOR-CO-1I Tunel Norte, Detectores de gases CO, circuito 1 lado izquierdo. Desde 64DCO, 66DCO, 68DCO ... 86DCO

NOR-CO-2I Tunel Norte, Detectores de gases CO, circuito 2 lado izquierdo. Desde 88DCO, 90DCO, 92DCO ... 110DCO

- El circuito que alimenta la extractor helicoidal HMF 350 M4 50W (extractor de aire/gases del recinto de grupo electrógeno), colgará del cuadro del SAI usando el conductor RZ1-K 2x4+TTx4mm²Cu con Interruptor diferencial 2p de 300mA ,25A con interruptor maentoérmico 2p, 16A, PdC 15kA curva B.

2. Cableado de control y detección

Los circuitos de detección se llevarán hasta el cuadro de control de equipos de carretera. Se conectarán en paralelo mediante puentes, que se conectarán cada uno a un relé, para la posterior conexión al autómeta.

Las características de los conductores utilizados son las siguientes:

- RZ1-K (AS)

R - Polietileno reticulado (termoestable)

Z1 - aislamiento, compuesto termoplásticos a base de poliolefina

K - conductor flexible para instalaciones fijas (clase 5)

AS - alta seguridad (emisión de humos y opacidad reducida, etc.) y resistencia al fuego.

F. CONCLUSIÓN Y FIRMA

Teniendo en cuenta el buen diseño de las instalaciones, los materiales a utilizar, el cumplimiento de las normas y reglamentos vigentes, las especificaciones del peticionario que en este caso el peticionario es la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar y el buen criterio del proyectista.

Llego a la conclusión de que este es un proyecto acorde a las exigencias impuestas por el peticionario y acorde a las normas vigentes.

Neel Marck Vargas Eufrazio
En Béjar; Septiembre del 2017.

V. ANEJO DE ALUMBRADO INTERIOR

A. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

Por encargo de la escuela de Ingenieros Industriales de Béjar, se llega al acuerdo de dar suministro eléctrico a un Túnel de Autopista en la localidad de Crespos en Ávila.

El presente Anejo de Alumbrado de este Trabajo Fin de Grado se lleva a cabo para definir constructivamente los elementos necesarios para diseñar las posiciones y niveles de iluminación en el Túnel.

B. NORMATIVA APLICADA

- REAL DECRETO 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51.
- REAL DECRETO 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.

C. DISEÑO LUMINOTÉCNICO

a. Niveles de iluminación requeridos.

Se requieren diferentes niveles de iluminación, en función de la luminosidad exterior:

- NIVEL SOLEADO: Para aquellas horas en las que la luminosidad sea abundante.
- NIVEL NUBLADO: Para aquellas horas en las que la luminosidad sea escasa.
- NIVEL NOCHE: Para aquellas horas en las que la luminosidad exterior es prácticamente nula.
- NIVEL EMERGENCIA: Se activará este nivel si se produce una falta de suministro de energía en las dos líneas de alimentación y/o se detecta un incendio.

La detección de falta de suministro se realiza mediante relés de vigilancia de red, como ya se describió en el anejo III.

b. Distribución del alumbrado según niveles requeridos

La distribución de las luminarias principales se realiza en seis escalones para cada túnel, en apartados posteriores se explicará con detalle los cálculos de cada nivel y sus luminarias correspondientes.

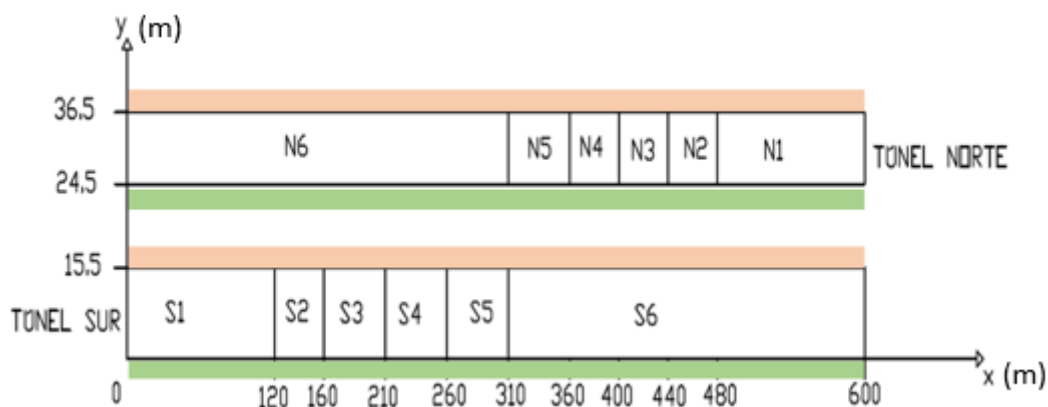


Ilustración 39: Escalones de iluminación para túnel Norte y Sur – vista planta

c. Luminarias del alumbrado de seguridad/emergencia

Para el alumbrado de seguridad/ emergencia (iluminación en el caso de que se pierda la alimentación en las dos líneas de media tensión y/o se detecte incendio con los detectores de Temperatura y Humo), se utilizarán los modelos modelo PHILIPS BGP490 y el LEGRAND 662433 B65LED - 200 lum 1h este último como iluminación de emergencia permanente.

- Flow LED- BGP490 LLM3200/840 I DTS 9007

Flujo Luminoso: 3200 lm

Potencia: 29W

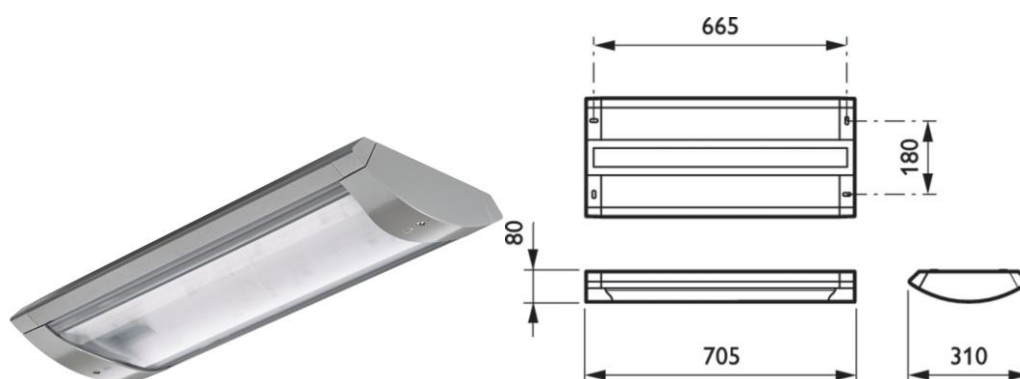


Ilustración 40: Luminaria para Emergencia y/o Seguridad LED- BGP490 LLM3200/840 I DTS 9007

- **LEGRAND 662433 B65LED - 200 lum 1h**

Serie B65LED LVS2 - Luminaria de emergencia permanente/no permanente de 200 lúmenes con lámpara LED. Autonomía 1 hora. IP65. IK07. Batería Ni-Cd. Fuente

conmutada de bajo consumo. Funcionamiento en modos autotest y centralizado. Instalación superficie. Difusor opal.

Flujo Luminoso: 200 lm

Potencia: 8W

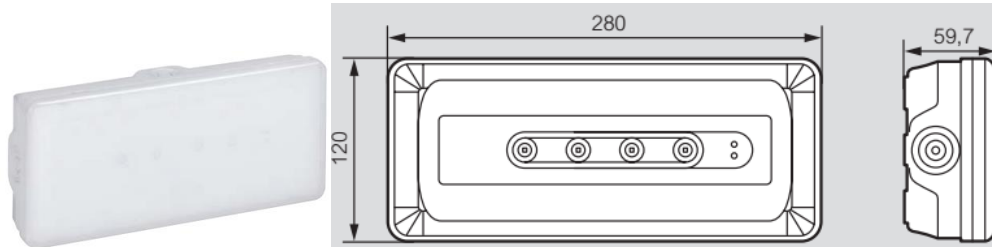


Ilustración 41: Luminaria para Emergencia y/o Seguridad permanente 662433 B65LED

d. Lámparas y equipos auxiliares. Luminarias

- Las luminarias principales que estarán a lo largo del interior del túnel es PHILIPS BVP506 GC T15 1xECO226-3S/757

Flujo Luminoso: 23800 lm

Potencia: 199W

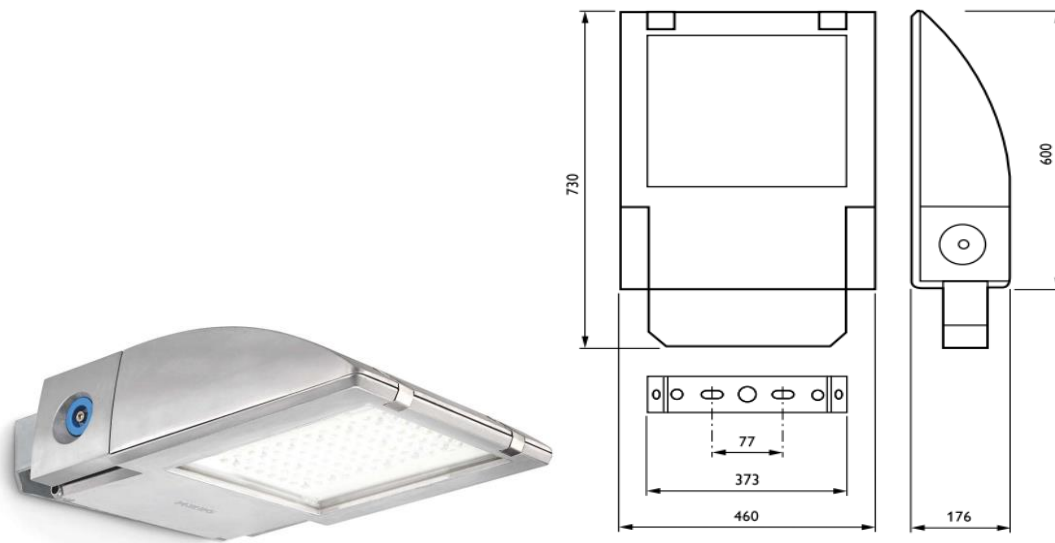


Ilustración 42: Luminaria para iluminación a lo largo del túnel ECO226-3S/757

- Las luminarias exteriores que estarán en las salidas del túnel es BGP322 T35

Flujo Luminoso: 8769 lm

Potencia: 90W

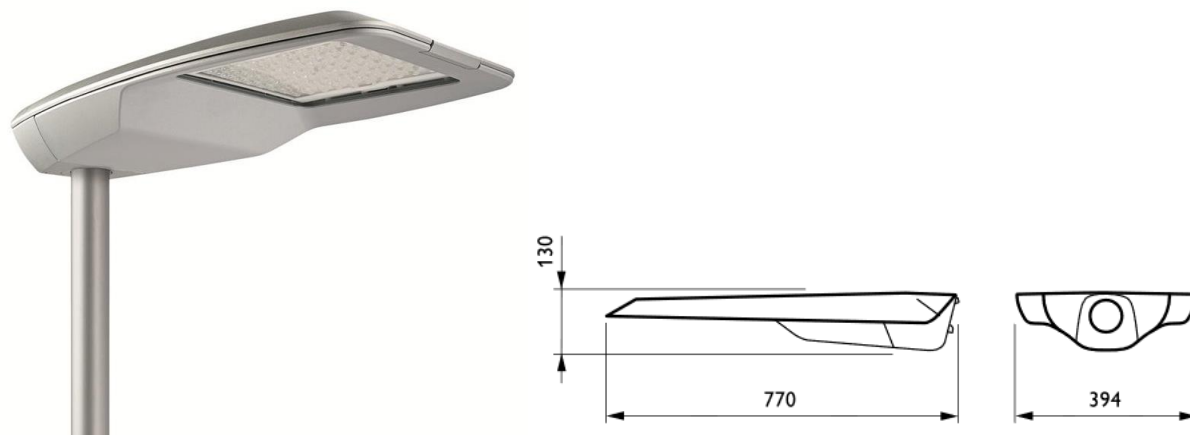


Ilustración 43: Luminaria para iluminación exterior al túnel BGP322 T35

- Las luminarias interiores correspondiente a los recintos interiores de nuestro túnel serán Flow LED- BGP490 LLM3200/840 I DTS 9007 y estarán conectadas directamente al cuadro eléctrico SAI (C_SAI), consultar planos de unifilares.

e. Distribución y posición de las luminarias en los Túneles

La posición de las luminarias principales que ocuparán cada escalón se resume en las siguientes tablas: Para mayor detalle consultar los planos.

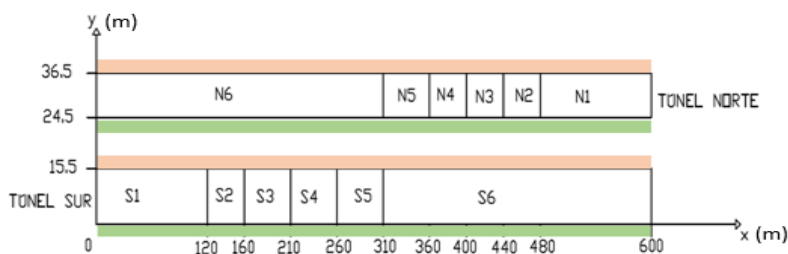


Tabla 24: Posición de luminarias por escalones- Sur

SUR POSICIÓN LUMINARIAS							
ESCALÓN	LONGITUD (m)	TRAMO	POSICIÓN INICIAL PRIMERA FILA (m)	Nº de LUMINARIAS	DISTANCIA ENTRE FILAS (m)	POSICIÓN FINAL ÚLTIMA FILA (m)	ALTURA (m)
1S	120	0-120	0,48	250	0,96	119,52	5
2S	40	120-160	120,666	60	1,333	159,333	5
3S	50	160-210	161,25	40	2,5	208,75	5
4S	50	210-260	212,5	20	5	252,5	5
5S	50	260-310	265	10	10	305	5
6S	290	310-600	324,5	20	29	585,5	5
EMERGENCIA	600	0-600	2,5	480	5	597,5	0,6

Tabla 25: Posición de luminarias por escalones- Norte

NORTE POSICIÓN LUMINARIAS							
ESCALÓN	LONGITUD (m)	TRAMO	POSICIÓN INICIAL PRIMERA FILA	Nº DE LUMINARIAS	DISTANCIA ENTRE FILAS (m)	POSICIÓN FINAL ÚLTIMA FILA	ALTURA (m)
1N	120	600-480	599,4	200	1,2	480,6	5
2N	40	480-440	479,2	50	1,6	440,8	5
3N	40	440-400	438	20	4	402	5
4N	40	400-360	398	20	4	362	5
5N	50	360-310	355	10	10	315	5
6N	310	310-0	294,5	20	31	15,5	5
EMERGENCIA	600	0-600	2,5	480	5	597,5	0,6

f. Sistemas de encendido y apagado

El sistema de encendido y apagado de luminarias, para conseguir un nivel u otro, se realizará mediante el autómata "LOGO!". El funcionamiento que se ha programado es el siguiente:

- Nivel SOLEADO: Se activará cuando el reloj astronómico indique la salida del sol y el luxómetro detecte una iluminancia superior a 50000 lux.

Luxómetro activa entrada I11 entonces se activa salidas Q5, Q6, Q7 que son las salidas para Iluminación 3,2 y 1, respectivamente.

- Nivel NUBLADO: Se activará cuando el reloj astronómico incorporado en LOGO! indique la salida del sol.

Entonces se activa salidas Q6 y Q7 que son las salidas para Iluminación 2 y 1 respectivamente.

- Nivel NOCHE: Se activará cuando el reloj astronómico incorporado en LOGO! indique la puesta del sol.

Entonces se activa Q7 que es la salida para Iluminación 1 y Q8 es la salida de iluminación exterior del túnel.

- Nivel EMERGENCIA: Cuando se detecte falta de tensión y/o cuando se detecte incendio; se encenderán las luminarias de este nivel, alimentadas por el SAI. Se mantendrán encendidas las luminarias de este nivel durante 10 minutos después de recuperarse el servicio o cuando se detecte ausencia de incendio.

Se detecta ausencia de Tensión en la Red, entonces activará entrada I12 (vigilancia de red) entonces se activará las salidas Q10 que es la Iluminación de Emergencia/Seguridad y Q9 que es el conmutador, recordar que también que I2 e I6 (detectores de humo y temperatura) activa la salida Q10.

Estas luces de emergencia se mantendrán encendidas 10 minutos más, después de haber recuperado la tensión de la red.

Como forma de mantenimiento preventivo, también se encenderán las luces de emergencia una vez a la semana durante 20 minutos (domingo de 03:00 a 03:20).

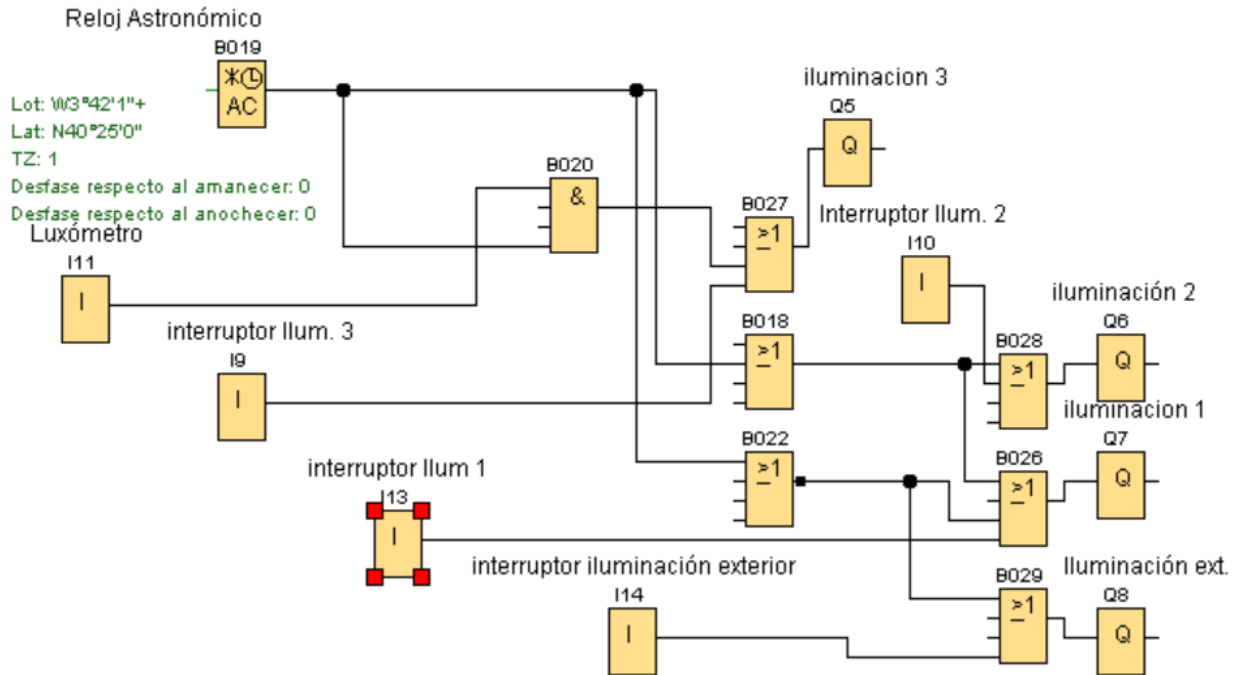


Ilustración 44: Programación LOGO! Iluminación día, nublado, noche y exterior del túnel

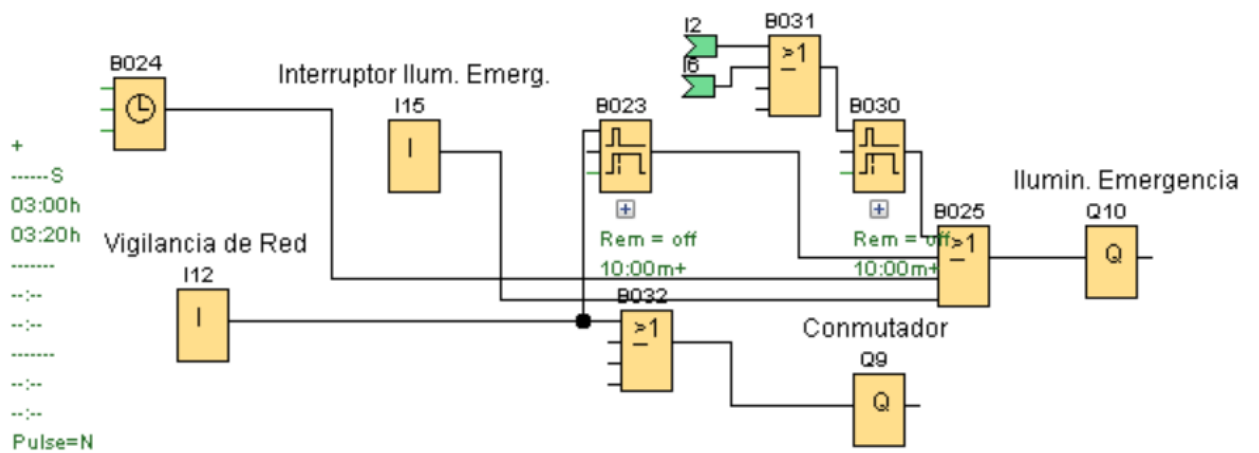


Ilustración 45: Programación LOGO! Iluminación de emergencia y conmutador

D. CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL DISEÑO, EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

Según ITC-EA-02:

Tabla 26: Clasificación de tipo de vía

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	de alta velocidad	$v > 60$
B	de moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
C	carriles bici	--
D	de baja velocidad	$5 < v \leq 30$
E	vías peatonales	$v \leq 5$

Tipos de vías	Clase de Alumbrado(*)
<ul style="list-style-type: none"> Carreteras de calzadas separadas con cruces a distinto nivel y accesos controlados (autopistas y autovías). Intensidad de tráfico <ul style="list-style-type: none"> Alta (IMD) ≥ 25.000..... Media (IMD) $> 15.000 < 25.000$ Baja (IMD) < 15.000..... 	ME1 ME2 ME3a

Tabla 27: Clase de alumbrado

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Luminancia ⁽⁴⁾ Media L_m (cd/m ²) ⁽¹⁾	Uniformidad Global U_o [mínima]	Uniformidad Longitudinal U_{\square} [mínima]	Incremento Umbral TI (%) ⁽²⁾ [máximo]	Relación Entorno SR ⁽³⁾ [mínima]
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50

a. Criterios de eficiencia en el diseño del nuevo alumbrado

1. Factor de utilización

La Luminancia Media obtenida para cada calzada:

Luminancia Media Sur: EmS (lux)= 554

Luminancia Media Norte: EmN (lux)= 578

Área a iluminar es:

Superficie Sur: SS= 600*15.5 =9300 m²

Superficie Norte: SN= 600*12 =7200 m²

Obtenemos el flujo útil:

$\varphi_{\text{útil S}} = 554 * 9300 \text{lm} = 5152200 \text{ lm}$

$\varphi_{\text{útil N}} = 578 * 7200 \text{lm} = 4161600 \text{ lm}$

Obtenemos el flujo total de las lámparas:

$\varphi_S = 400 \text{ lámparas} * 23800 \text{lm} = 9520000 \text{ lm}$

$\varphi_N = 320 \text{ lámparas} * 23800 \text{lm} = 7616000 \text{ lm}$

Factor de utilización:

$$\eta_S = \frac{5152200}{9520000} = 0,541$$

$$\eta_N = \frac{4161600}{7616000} = 0,546$$

2. Factor de mantenimiento y flujo

Según Philips no usamos ningún factor de mantenimiento, aunque si debemos decir que la depreciación de los LEDs será muy inferior frente a las soluciones tradicionales sin óptica o con óptica abierta, dado que el sistema óptico está protegido con un IP65 y los LEDs están perfectamente refrigerados; pero elegimos $F_m = 0,85$ por requerimientos técnicos para luminarias con tecnología led para alumbrado exterior; el flujo luminoso de cada lámpara es 23800 lm.

3. Eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares

Según ITC-EA-01 $\varepsilon = \varepsilon_L * f_m * f_u$

f_m : Factor de mantenimiento 0,85 dato obtenido de requerimientos técnicos para luminarias con tecnología led para alumbrado exterior.

f_u : Factor de utilización obtenido anteriormente

$\eta_S = 0,541$

$\eta_N = 0,546$

ε : Obtenido en los siguientes apartados “Eficiencia energética de la instalación ”

$\varepsilon_S = 64,72$

$\varepsilon_N = 65,35$

Obtenemos: $\varepsilon_L S = 140.74$ $\varepsilon_L N = 140.81$

4. Eficiencia de las luminarias

Este es un dato proporcionado por el fabricante en este caso 0.85.

5. Niveles de iluminación alcanzados

5.1. TÚNEL SUR:

Tabla 28: Luminancia alcanzada por zona y escalón - Túnel Sur Nivel DÍA (soleado)

SUR NIVEL DÍA			
ZONA	ESCALÓN	LONGITUD (m)	Luminancia (cd/m ²)
UMBRAL	1S	120	156
	2S	40	126
TRANSICIÓN	3S	50	64
	4S	50	32
	5S	50	16
INTERIOR Y SALIDA	6S	290	5

Tabla 29: Luminancia alcanzada por zona y escalón - Túnel Sur Nivel NUBLADO

SUR NIVEL NUBLADO			
ZONA	ESCALÓN	LONGITUD (m)	Luminancia (cd/m ²)
UMBRAL	1S	120	32
	2S	40	23
TRANSICIÓN	3S	50	14
	4S	50	13
	5S	50	10
INTERIOR Y SALIDA	6S	290	5

Tabla 30: Luminancia alcanzada por zona y escalón - Túnel Sur Nivel NOCHE

SUR NIVEL NOCHE			
ZONA	ESCALÓN	LONGITUD (m)	Luminancia (cd/m ²)
UMBRAL	1S	120	5
	2S	40	5
TRANSICIÓN	3S	50	5
	4S	50	5
	5S	50	5
INTERIOR Y SALIDA	6S	290	5

Tabla 31: Luminancia alcanzada por zona y escalón - Túnel Sur Nivel EMERGENCIA

SUR NIVEL EMERGENCIA			
ZONA	ESCALÓN	LONGITUD (m)	Luminancia (cd/m ²)
UMBRAL	1S	120	2
	2S	40	2
TRANSICIÓN	3S	50	2
	4S	50	2
	5S	50	2
INTERIOR Y SALIDA	6S	290	2

5.2. TÚNEL NORTE

Tabla 32: Luminancia alcanzada por zona y escalón - Túnel Norte DÍA

NORTE NIVEL DÍA			
ZONA	ESCALÓN	LONGITUD (m)	Luminancia (cd/m ²)
UMBRAL	1N	120	150
	2N	40	111
TRANSICIÓN	3N	40	57
	4N	40	34
	5N	50	14
INTERIOR Y SALIDA	6N	310	5

Tabla 33: Luminancia alcanzada por zona y escalón - Túnel Norte NUBLADO

NORTE NIVEL NUBLADO			
ZONA	ESCALÓN	LONGITUD (m)	Luminancia (cd/m ²)
UMBRAL	1N	120	28
	2N	40	21
TRANSICIÓN	3N	40	10
	4N	40	9
	5N	50	8
INTERIOR Y SALIDA	6N	310	5

Tabla 34: Luminancia alcanzada por zona y escalón - Túnel Norte NOCHE

NORTE NIVEL NOCHE			
ZONA	ESCALÓN	LONGITUD (m)	Luminancia (cd/m ²)
UMBRAL	1N	120	5
	2N	40	5
TRANSICIÓN	3N	40	5
	4N	40	5
	5N	50	5
INTERIOR Y SALIDA	6N	310	5

Tabla 35: Luminancia alcanzada por zona y escalón - Túnel Norte EMERGENCIA

NORTE NIVEL EMERGENCIA			
ZONA	ESCALÓN	LONGITUD (m)	Luminancia (cd/m ²)
UMBRAL	1N	120	3
	2N	40	3
TRANSICIÓN	3N	40	3
	4N	40	3
	5N	50	3
INTERIOR Y SALIDA	6N	310	3

6. Deslumbramientos

La limitación del deslumbramiento en un túnel se consigue mediante la utilización de luminarias con una distribución fotométrica adecuada para proporcionar una baja luminancia propia y evitar que su flujo luminoso pueda molestar al conductor de un vehículo.

Ya que en nuestro túnel se colocan las luminarias de forma simétrica, evitamos el contraflujo y por ende la perturbación del conductor con deslumbramientos.

b. Calificación energética de la instalación

1. Eficiencia energética de la instalación

Según ITC-EA-01

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$$

Donde:

ϵ = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior (m₂ lux / W)

P = potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W);

S = superficie iluminada (m₂);

E_m = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux).

Potencia:

PS = 79600W (400 lámparas de 199W cada una)

PN = 63680W (320 lámparas de 199W cada una)

Superficie:

SS= 600*15.5 =9300 m²

SN= 600*12 =7200 m²

EmS (lux)= 554

EmN (lux)= 578 datos obtenido de Dialux

Reemplazando:

$$\epsilon S = 64,72$$

$$\epsilon N = 65,35$$

2. Índice de eficiencia energética

Según ITC-EA-01

$$I_{\epsilon} = \frac{\epsilon}{\epsilon_R}$$

Donde:

ϵ = Eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior (m²*lux)/W

ϵ_R = Eficiencia energética de referencia en (m²*lux)/W

De los cálculos anteriores: $\epsilon S = 64.72$, $\epsilon N = 65.35$

Alumbrado vial funcional	
Iluminancia media en servicio proyectada E _m (lux)	Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 30	32

Obtenemos los Índices de eficiencia energética:

$$I_{\epsilon S} = 2.0225$$

$$I_{\epsilon N} = 2.042$$

3. Índice de consumo energético

Según ITC-EA-01

$$ICE = \frac{1}{I_{\epsilon}}$$

Reemplazando el resultado anterior obtenemos:

$$ICE S = 0.494$$

$$ICE N = 0.489$$

4. Categoría energética asignada

Por lo tanto, Según ITC-EA-01, la calificación energética obtenida es:

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	ICE < 0,91	$I_E > 1,1$

c. Valoración del consumo eléctrico esperado

Para determinar el consumo eléctrico producido por el alumbrado se han calculado las horas que estará activado cada nivel, en el tiempo de un año.

Para este cálculo solo se toman en cuenta las luminarias de los tubos Norte y Sur en los niveles Soleado, Nublado y Noche, no se tendrá en cuenta las demás luminarias.

Tabla 36: Consumo anual de alumbrado

	HORAS ANUAL (h)	POTENCIA (W)	CONSUMO ANUAL (kWh)
Soleado	2909	143280	416801,52
Nublado	1471	38606	56789,426
Noche	4380	14726	64499,88
TOTAL			538090,826

E. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

Todos los cálculos se realizarán según norma CIE 88:2004 Guide for the lighting of road tunnels and underpasses y con ayuda de Iluminación de túnel y carreteras de INDALUX.

7. Distancia de Seguridad:

Tabla 37: Distancia de seguridad

Velocidad de diseño (Km/h)	Ret	120	100	80	70	60	50
DS (carretera húmeda) m.	3,5	230	160	105	90	70	50
DS (carretera seca) m.	5	150	110	75	65	55	40

Cogemos DS=160m como más desfavorable para estar del lado de la seguridad; para una velocidad de 100km/h.

8. Sistema de alumbrado: Escogemos el simétrico, ubicados a ambos lados de los tubos a una altura de 5m.

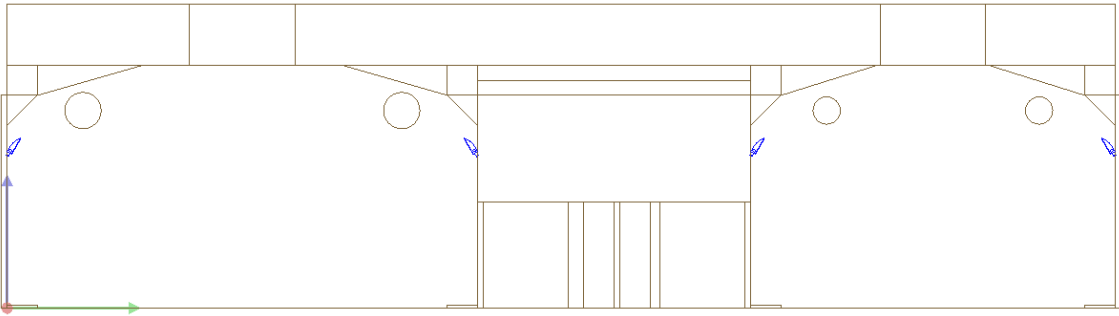


Ilustración 46: Salida Sur y Entrada Norte – perfil derecho

9. Factor de Ponderación Intensidad de Tráfico:

Según petionario IMD<2000

Entonces:

Tubo Sur $2000/(24 \cdot 3) = 27.7 \text{ veh}/(h \cdot \text{carril})$

Tubo Norte $2000/(24 \cdot 2) = 41.66 \text{ veh}/(h \cdot \text{carril})$

INTENSIDAD DE TRÁFICO (Vehiculos/hora por carril)		FACTOR DE PONDERACIÓN
Unidireccional	Bidireccional	
< 60	< 30	0

10. Factor de Ponderación Composición de Tráfico:

FACTORES DE PONDERACIÓN EN FUNCIÓN DE LA COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO

COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO	FACTOR DE PONDERACIÓN
Tráfico mixto	2

11. Factor de Ponderación Guiado Visual:

FACTORES DE PONDERACIÓN EN FUNCIÓN DEL GUIADO VISUAL

GUIADO VISUAL	FACTOR DE PONDERACIÓN
Guiado visual bueno	0

12. Factor de Ponderación Guiado Visual:

FACTORES DE PONDERACIÓN EN FUNCIÓN DE LA COMODIDAD EN LA CONDUCCIÓN

COMODIDAD EN LA CONDUCCIÓN	FACTOR DE PONDERACIÓN
Se requiere una baja comodidad	0

13. Clase de alumbrado:

Con la suma de los cuatro factores de ponderación (0+ 2 + 0 + 0 = 2), se obtiene que la clase de alumbrado es: CLASE 1

CLASES DE ALUMBRADO PARA TUNELES LARGOS

SUMA DE FACTORES DE PONDERACIÓN	FACTOR DE PONDERACIÓN
0-3	1

a. Nivel de alumbrado nocturno

LUMINANCIAS EN cd/m² DEL ALUMBRADO NOCTURNO

CLASE DE ALUMBRADO	LUMINANCIA MEDIA cd/m ²
1-2	0,5

Hemos conseguido una Luminancia de 5cd/m² a lo largo de los dos túneles

14. También hemos instalado luminarias en el exterior con disposicion unilateral, con una separación máxima entre luminarias de 30m, en postes a 12 m de altura; 200 m antes/después de entrada/salida de ambos túneles obteniendo 2cd/m² sobre la calzada.

Por lo tanto 5 y 2 son superiores al mínimo 0,5.

Más detalle de la ubicación de las lámparas exteriores en los planos.

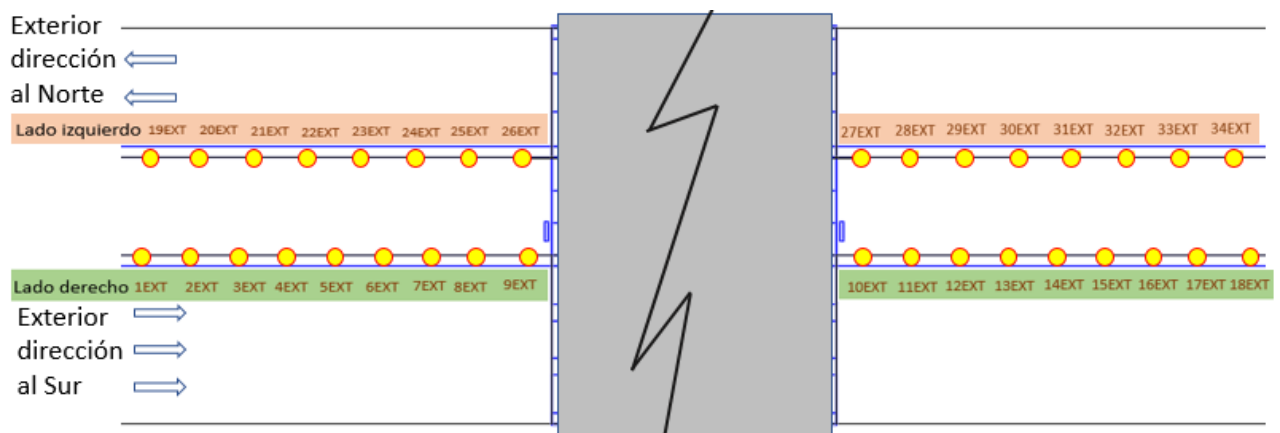


Ilustración 47: Distribución de LED- BGP322 t35 (luminarias exteriores del túnel con su respectiva numeración - Vista planta

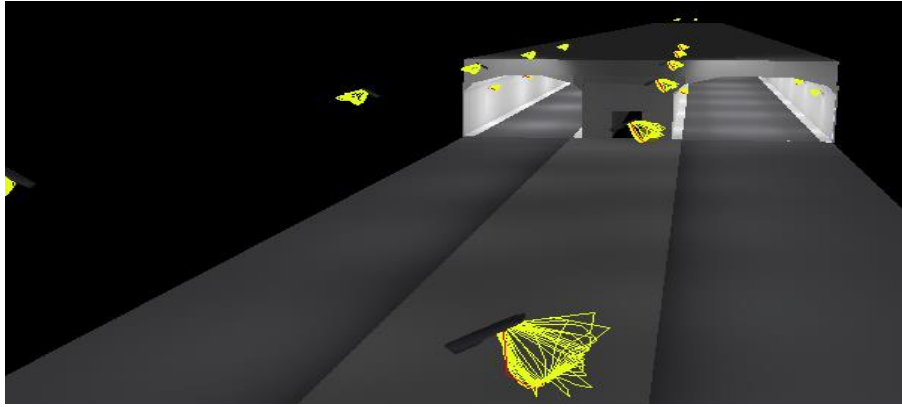


Ilustración 48: LED- BGP322 t35 (Luminarias exteriores) – perfil izquierdo

b. Nivel de alumbrado diurno

Para el cálculo de este nivel dividimos en zonas:

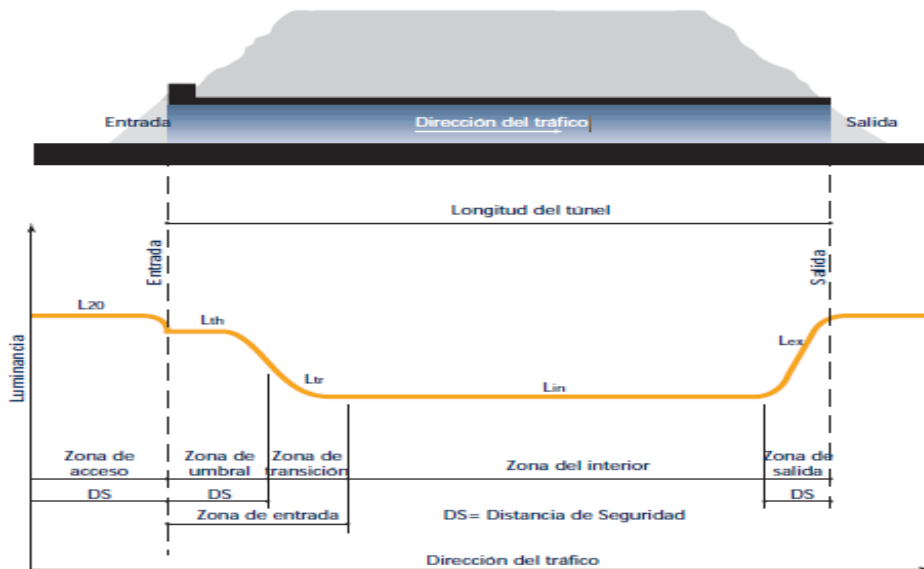


Ilustración 49: Perfil de luminancias por zonas a lo largo del túnel

- L20 = Luminancia en la zona de acceso.
- Lth = Luminancia en la zona umbral.
- Ltr = Luminancia en la zona de transición.
- Lin = Luminancia en la zona del interior.
- Lex = Luminancia en la zona de salida.

15. L20 = Luminancia en la zona de acceso.

$$L_{20} = a * L_c + b * L_R + c * L_E + d * L_{th}$$

en donde:

a = % de cielo.

L_c = Luminancia de cielo.

b = % de carretera.

L_R = Luminancia de carretera.

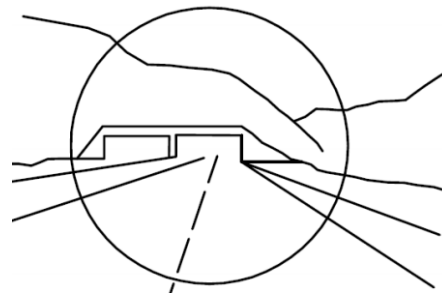
c = % de entorno.

L_E = Luminancia del entorno.

d = % de boca de túnel.

L_{th} = Luminancia de zona de umbral.

con: $a + b + c + d = 1$



$$a = 18\%, b = 40\%, c = 34\%, d = 8\%$$

Sentido de conducción	Cielo (L_c) Kcd/m ²	Carretera (L_R) Kcd/m ²	Entorno (L_E)		Kcd/m ²	
			Rocas	Edificios	Nieve	Hierba
N	8	3	3	8	15 (M, H)	2
S	16	5	1	4	5 (M) 15 (H)	2

Obtenemos:

$$L_{20} S = 0.18 * 16 \text{ kcd/m}^2 + 0.4 * 3 \text{ kcd/m}^2 + 0.34 * 1 \text{ kcd/m}^2 = 4.42 \text{ kcd/m}^2$$

$$L_{20} N = 0.18 * 8 \text{ kcd/m}^2 + 0.4 * 3 \text{ kcd/m}^2 + 0.34 * 3 \text{ kcd/m}^2 = 3.66 \text{ kcd/m}^2$$

16. L_{th} = Luminancia en la zona umbral

$$L_{th} = k \cdot L_{20}$$

SISTEMA DE ALUMBRADO	CONTRAFLUJO			SIMÉTRICO		
	Distancia de Seguridad (DS)			Distancia de Seguridad (DS)		
Clase de alumbrado	60 m	100 m	160 m	60 m	100 m	160 m
1	10	15	30	15	20	35

$$L_{th} S = 0.035 * 4.42 = 154.7 \text{ Cd/m}^2$$

$$L_{th} N = 0.035 * 3.66 = 128.1 \text{ Cd/m}^2$$

De modo que la longitud de la zona umbral la dividimos en dos, longitud de la zona umbral DS = 160m.

Tabla 38: Luminancia necesaria y obtenida - Zona Umbral Nivel DÍA (Soleado) – Túnel Sur y Norte

SUR NIVEL DÍA (Soleado)				
ZONA	ESCALÓN	LONGITUD (m)	Luminancia (cd/m ²)	Luminancia obtenida (cd/m ²)
UMBRAL	1S	120	154.7	156
	2S	40	123.76	126
NORTE NIVEL DÍA (Soleado)				
ZONA	ESCALÓN	LONGITUD (m)	Luminancia (cd/m ²)	Luminancia obtenida (cd/m ²)
UMBRAL	1N	120	128.1	150
	2N	40	102.4	111

17. Ltr = Luminancia en la zona de transición

Se sabe que $L_{tr} (inic) = 0.4 \cdot L_{th}$

Obtenemos:

$$L_{tr} (inic) S = 0.4 \cdot 154.7 = 61.88 \text{ cd/m}^2$$

$$L_{tr} (inic) N = 0.4 \cdot 128.1 = 51.24 \text{ cd/m}^2$$

La Longitud de zona de transición:

Hallamos t:

$$L_{tr} (fin) = 9 \text{ cd/m}^2 = L_{th} \cdot (1.9 + t)^{-1.428}$$

$$9 \text{ cd/m}^2 = 154.7 \cdot (1.9 + tS)^{-1.428}$$

$$9 \text{ cd/m}^2 = 128.1 \cdot (1.9 + tN)^{-1.428}$$

$$\text{Obtenemos: } tS = 5.428 \text{ s}$$

$$tN = 4.52 \text{ s}$$

Entonces la longitud de transición será:

$$L_{tr} S = 100 \text{ km/h} \cdot 1000 \text{ m/km} \cdot \text{h} / 3600 \text{ s} \cdot 5.428 \text{ s} = 150.77 \text{ m} \rightarrow 150 \text{ m}$$

$$L_{tr} N = 100 \text{ km/h} \cdot 1000 \text{ m/km} \cdot \text{h} / 3600 \text{ s} \cdot 4.52 \text{ s} = 125.55 \text{ m} \rightarrow 130 \text{ m}$$

De modo que la dividimos en tres escalones:

Tabla 39: Luminancia necesaria y obtenida - Zona Transición Nivel DÍA (Soleado) – Túnel Sur y Norte

SUR NIVEL DÍA (Soleado)				
ZONA	ESCALÓN	LONGITUD (m)	Luminancia (cd/m ²)	Luminancia obtenida (cd/m ²)
TRANSICIÓN	3S	50	61.88	64
	4S	50	30.94	32
	5S	50	15.97	16
NORTE NIVEL DÍA (Soleado)				
ZONA	ESCALÓN	LONGITUD (m)	Luminancia (cd/m ²)	Luminancia obtenida (cd/m ²)
TRANSICIÓN	3N	40	51.2	57
	4N	40	25.6	34
	5N	50	12.8	14

18. Lin = Luminancia en la zona del interior y Lex = Luminancia en la zona de salida

Para clase 1, nos exigen $Lin = 3 \text{ cd/m}^2$

Para Luminancia en la zona de salida, en los casos de túneles unidireccionales cuyas clases de alumbrado sean 1 a 5 ambas inclusive, la zona de salida tendrá la misma luminancia que la zona del interior del túnel ($Lex = Lin$).

LUMINANCIAS EN cd/m^2 EN LA ZONA DEL INTERIOR

SISTEMA DE ALUMBRADO	DISTANCIA DE SEGURIDAD (DS)		
	60 m	100 m	160 m
1	0,5	2	3

De modo que tenemos un único escalón:

Tabla 40: Luminancia necesaria y obtenida - Zona Interior y Salida Nivel DÍA (Soleado)- Túnel Sur y Norte

SUR NIVEL DÍA (Soleado)				
ZONA	ESCALÓN	LONGITUD (m)	Luminancia (cd/m^2)	Luminancia obtenida(cd/m^2)
INTERIOR Y SALIDA	6S	290	3	5
NORTE NIVEL DÍA (Soleado)				
ZONA	ESCALÓN	LONGITUD (m)	Luminancia (cd/m^2)	
INTERIOR Y SALIDA	6N	310	3	5

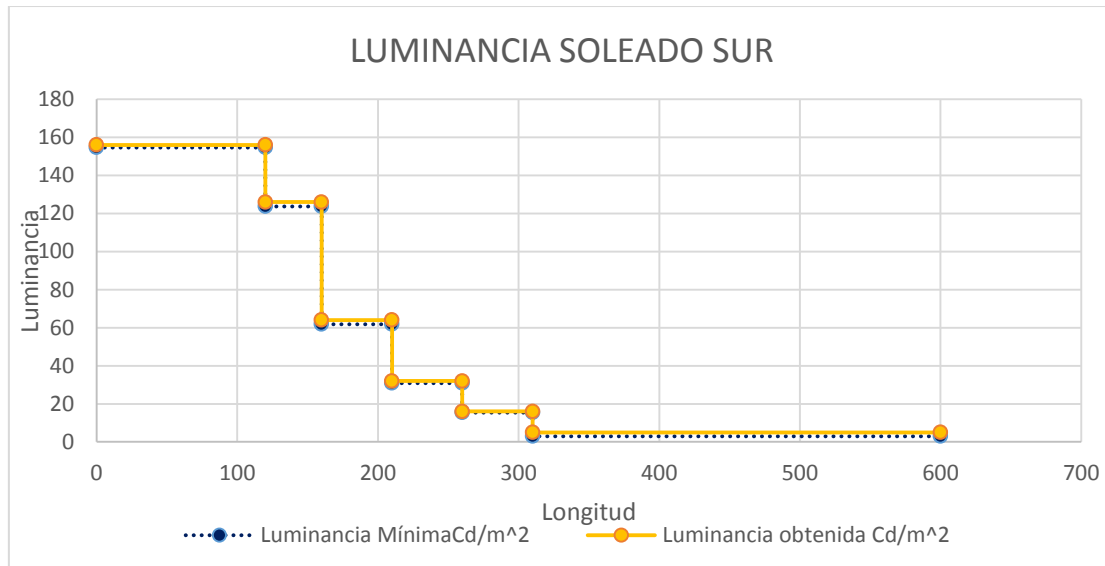


Ilustración 50: Comparación de Luminancia Requerida y Obtenida- Nivel DÍA (Soleado) SUR

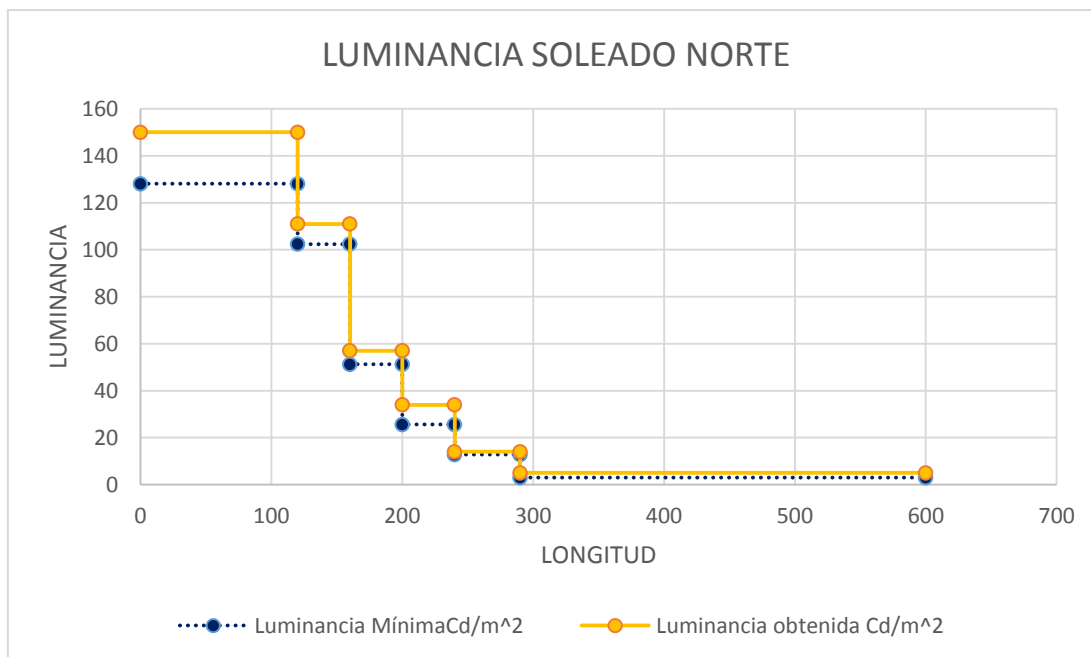


Ilustración 51: Comparación de Luminancia Requerida y Obtenida- Nivel Día (Soleado) NORTE

c. Nivel de alumbrado para día nublado

Para el nivel NUBLADO lo primero que es necesario determinar es la relación de luminancia exterior entre un día soleado y un día nublado.

Tras comparaciones de diversos medios, incluidas mediciones iluminancia, se obtienen los siguientes resultados:

Día soleado → 100000 lux

Día nublado → 15000 lux

Aunque se trata de relación entre iluminancias, no entre luminancias, como la diferencia puede reducirse a considerar o no el coeficiente de reflexión del asfalto y el ángulo de observación que pueden considerarse constantes, la iluminancia y la luminancia resultan proporcionales, y por ello se puede adoptar la relación de una para la otra.

Por lo tanto, la relación 15000/100000 (lux día Nublado/lux día Soleado) se utiliza para obtener una L20 (luminancia en la zona de acceso) para día nublado, resultando que la luminancia en la zona de acceso en un día nublado será 0,15 veces la L20 de un día soleado.

Por lo tanto en los seis escalones del día soleado multiplicamos por 0,15. También hay que tener en cuenta que el luxómetro activara la entrada I11 siempre y cuando detecte 50000 lux.

Tabla 41: Luminancia necesaria y obtenida por Zonas y Escalones - Nublado Túnel Sur

SUR NIVEL NUBLADO				
ZONA	ESCALÓN	LONGITUD (m)	Luminancia (cd/m ²)	Luminancia obtenida(cd/m ²)
UMBRAL	1S	120	23.2	32
	2S	40	18.56	23
TRANSICIÓN	3S	50	9.28	14
	4S	50	4.64	13
	5S	50	4.64	10
INTERIOR Y SALIDA	6S	290	3	5

Tabla 42: Luminancia necesaria y obtenida por Zonas y Escalones - Nublado Túnel Norte

NORTE NIVEL NUBLADO				
ZONA	ESCALÓN	LONGITUD (m)	Luminancia (cd/m ²)	Luminancia obtenida(cd/m ²)
UMBRAL	1N	120	19.21	28
	2N	40	15.36	21
TRANSICIÓN	3N	40	7.68	10
	4N	40	3.84	9
	5N	50	3	8
INTERIOR Y SALIDA	6N	310	3	5

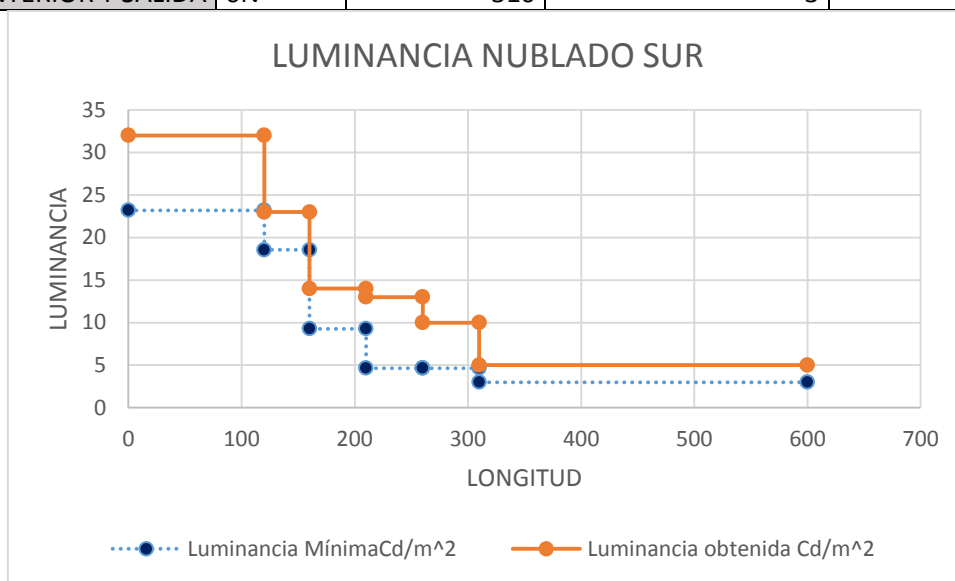


Ilustración 52: Comparación de Luminancia Requerida y Obtenida- Nivel Nublado SUR

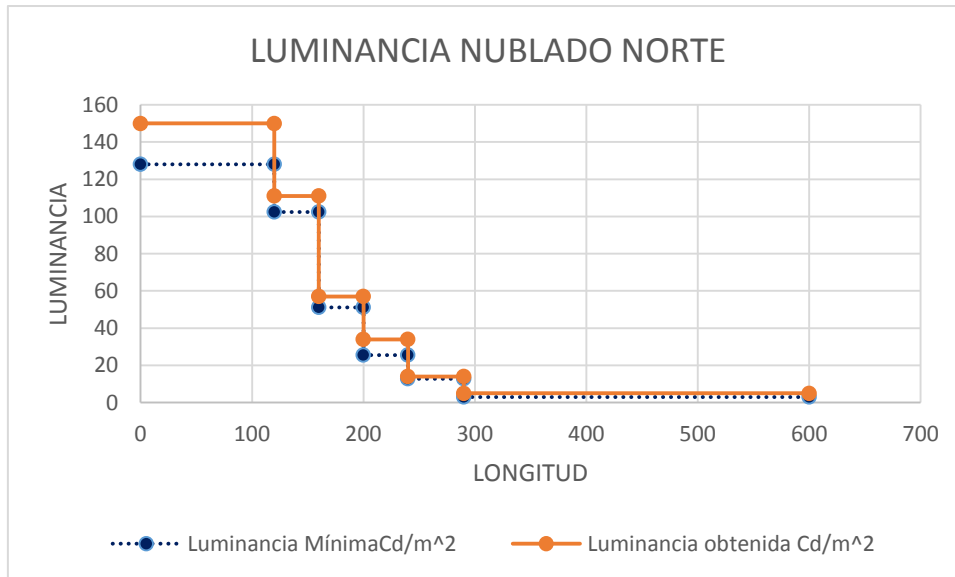


Ilustración 53: Comparación de Luminancia Requerida y Obtenida- Nivel Nublado NORTE

d. Alumbrado de seguridad

En este punto la norma establece que cuando el túnel sufra un fallo de alimentación de corriente se debe disponer de un sistema de alimentación de emergencia y un sistema de alumbrado de emergencia.

El alumbrado de emergencia debe cubrir la longitud total del túnel y el nivel de luminancia de ser al menos del 10% de la luminancia interior ó 0,2 cd/m² (se elige el mayor).

En nuestro caso se exige 0,3 cd/m² ya que el interior requiere un 3 cd/m².

En este proyecto hemos obtenido con la iluminación de seguridad un mínimo 3 cd/m² sobre las calzadas:

120 luminarias por cada lado de cada túnel están ubicadas a 0.5 m de altura sobre la acera (la acera tiene 0.1 m de altura) y una distancia de separación entre ellas de 5m.

30 luminarias ubicadas en cada pasillo de evacuación con una distancia de separación de 8.26m. Siendo 540 en total las luminarias para la iluminación de seguridad/emergencia.



Ilustración 54: Distribución de Flow LED- BGP490 LLM3200/840 I DTS 9007 (luminarias nivel Seguridad) a lo largo de los túneles y pasillos de evacuación- vista planta

Tabla 43: Posición de las luminarias de emergencia a lo largo de cada túnel

SUR POSICIÓN LUMINARIAS							
NIVEL	LONGITUD (m)	TRAMO	POSICIÓN INICIAL PRIMERA FILA	Nº de LUMINARIAS	DISTANCIA ENTRE Filas (m)	POSICIÓN FINAL ÚLTIMA FILA	ALTURA (m)
EMERGENCIA	600	0-600	2,5	240	5	597,5	0,6
NORTE POSICIÓN LUMINARIAS							
ESCALÓN	LONGITUD (m)	TRAMO	POSICIÓN INICIAL PRIMERA FILA	Nº de LUMINARIAS	DISTANCIA ENTRE LUMINARIAS (m)	POSICIÓN FINAL ÚLTIMA FILA	ALTURA (m)
EMERGENCIA	600	0-600	2,5	240	5	597,5	0,6

La iluminación de seguridad también incluye iluminación permanente en los pasillos de evacuación y en las puertas de acceso a estas últimas.

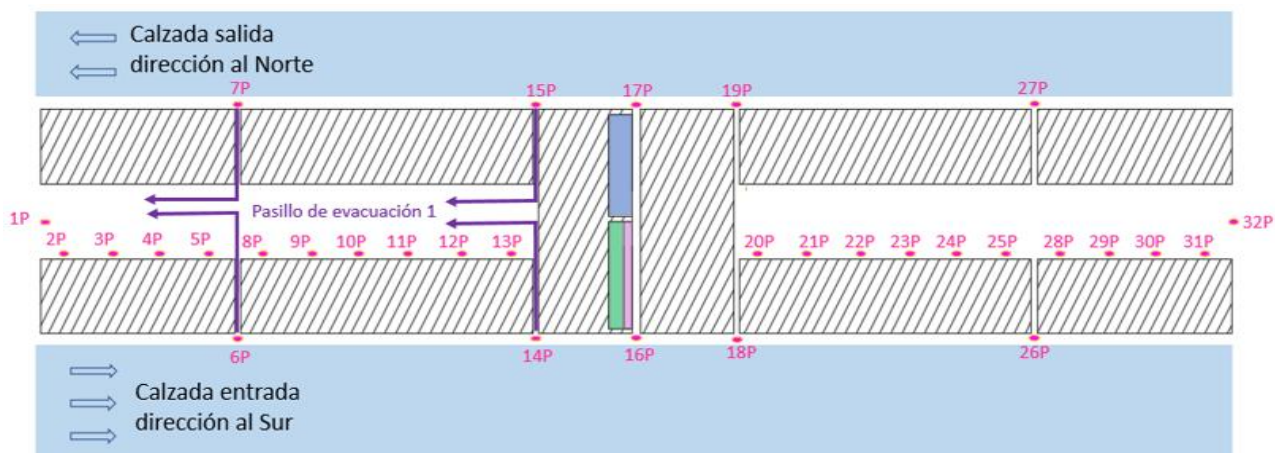


Ilustración 55: Distribución y numeración para las luminarias B65LED LVS2 (alumbrado de emergencia permanente)-vista planta

e. Alumbrado interior

Para el alumbrado interior correspondiente a los recintos interiores del túnel usamos 13 luminarias Flow LED- BGP490 LLM3200/840 I DTS 9007. Los detalles del circuito se verán más adelante, más detalles en los planos.

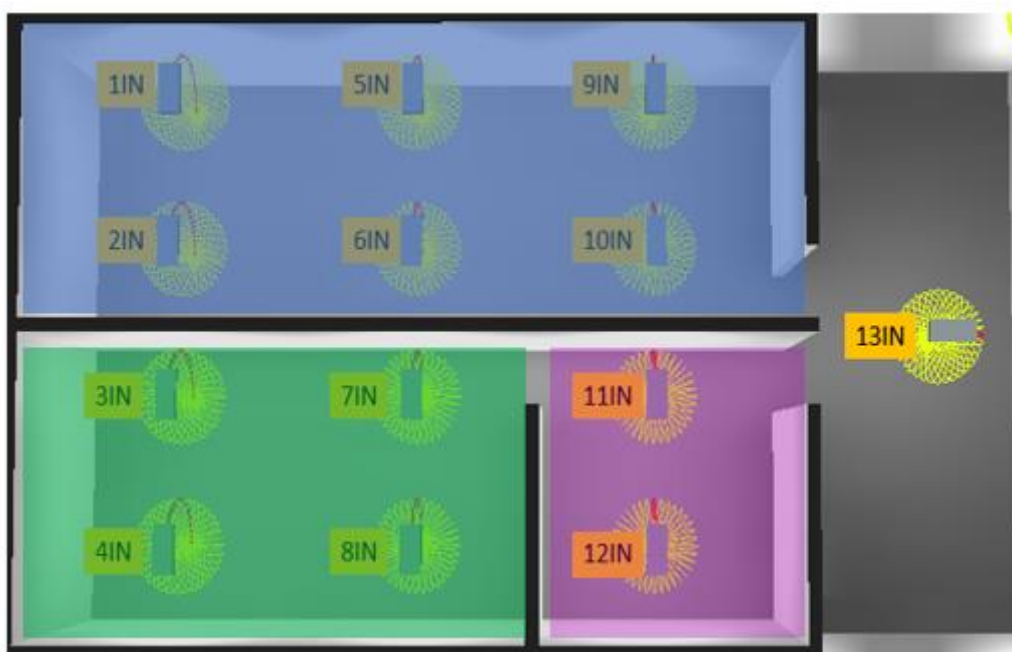


Ilustración 56: Distribución de Flow LED- BGP490 LLM3200/840 I DTS 9007 (luminarias interiores) – vista planta

F. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

a. Líneas

1. Canalizaciones

La instalación eléctrica se repartirá, desde los cuadros de protecciones hasta cada luminaria, a través de la bandeja con tapa estanca que recorren la longitud total de los dos túneles, como se muestra en los planos.

Las características del cableado de alimentación se detallan en el anejos de planos.

En general Para toda la instalación de este proyecto, las canalizaciones serán estancas, utilizándose para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas y dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua, IPX4. Las canalizaciones prefabricadas tendrán el mismo grado de protección IPX4.

La modalidad escogida para toda la instalación según norma UNE 20460-5-523 será B2 ya que tendremos bandejas con tapa estancas para todas las canalizaciones

apoyadas sobre soportes fijadas a la pared. Este tipo de bandeja será de un material aislante por lo que no será necesario ponerlo a tierra.

La calificación del local impone ciertas características a la instalación proyectada, que según la ITC-BT 30 y los criterios de diseño adoptados para este Proyecto deben ser las siguientes:

- a) Las canalizaciones serán estancas, con grado de protección mínimo IPx4 correspondiente a proyecciones de agua. Según la definición de *canalización* (ITC BT 01) este concepto implica al conjunto del conductor, su fijación y su protección mecánica. Se entiende que la condición de estanqueidad se cumple satisfactoriamente cuando se empleen:
 - Bandejas aislantes en material plástico con tapa ciega, para albergar conductores con doble aislamiento (aislamiento principal más cubierta) de tensión nominal 0.6/1kV, cuyos empalmes y conexiones se hagan exclusivamente en el interior de cajas estancas IPx4 al menos. Se recomienda utilizar bandeja de fondo calado con agujeros colisos o similar para ventilar el interior de la bandeja cubierta y permitir que las condensaciones escurran hacia el exterior. De esta forma se da cumplimiento a la disposición general sobre evacuación de condensaciones o inundaciones por avería en las canalizaciones eléctricas del art. 2.1.1 ITC BT 20.

Este conjunto es conforme con la opción 2.1.2 de la ITC BT 30 que permite la instalación de cables aislados con cubierta (aislamiento principal más cubierta) en el interior de canales aislantes, siempre que las conexiones, empalmes y derivaciones se efectúen en el interior de cajas con el aislamiento adecuado (IPx4 al menos).
 - Tubo rígido roscado de PVC en color negro o gris, fijados en superficie a techos y paredes, siempre en montaje superficial.
 - Una mezcla de bandejas aislantes y tubos, asegurando la unión de tubo a bandeja en ángulo recto y siempre por la parte inferior de ésta, utilizando para ello racores con contra tuerca apropiados al calibre de los tubos.
- c) Se utilizarán técnicas para empalmes y conexiones que consigan un grado de protección IP 54.
- d) No se emplearán tubos metálicos de ninguna clase.
- e) Quedan prohibidos los conductores desnudos, cualquiera que sea el tipo de instalación en que se pretendan colocar.

1.1. Conductores, empalmes y conexiones

Según las disposiciones habituales para locales mojados, los conductores canalizados responderán a las características siguientes:

- a) En todos los circuitos, tanto en el interior de la instalación como en el exterior, se emplearán conductores dotados de aislamiento principal más cubierta y tensión de aislamiento nominal de 0.6/1 kV, tanto se trate de cables unipolares como agrupaciones multipolares (mangueras), de cobre o de aluminio.

Se preferirán conductores tipo RZ1-K libres de halógenos a los tradicionales RV—K cuya cubierta es de cloruro de polivinilo.

En general se usarán cables multiconductores (mangueras) del tipo 5Gxx para circuitos trifásicos, y 3Gxx para monofásicos, donde 'xx' es la sección nominal del conductor en mm². Esto quiere decir que el neutro llevará siempre la misma sección que las fases y que el conductor de protección también irá de la misma sección y a lo largo de la misma canalización que el circuito al que corresponde.

- b) Únicamente en el interior de cuadros eléctricos o en el interior de aparatos, se admitirán conductores aislados, de tensión nominal de aislamiento no inferior a 450/750 V, preferiblemente del tipo ES07Z1-K(AS).
- c) El cableado de control y señal del equipo de campo podrá ser de menor tensión de aislamiento e incluso carecer de cubierta (pero con aislamiento) siempre que trabaje a muy bajas tensiones de seguridad (por ejemplo, 24 V).

En cuanto a los modos de empalme y conexión:

- a) Se utilizarán técnicas para empalmes y conexiones que consigan un grado de protección IP54. Los materiales y el modo de ejecución se considerarán válidos únicamente cuando no se dude de que logren mantener este grado de estanqueidad a lo largo de toda la vida útil de la instalación.
- b) Se colocarán punteras o terminales apropiados en absolutamente todos los conductores y sin excepción. No se admite la unión directa del cable simplemente pelado a la borna o tornillo de conexión del aparato o pieza de conexión si no viene provista de puntera o terminal apropiado.

1.2. Conductores, empalmes y conexiones

De acuerdo con el art. 2.4 de la ITC-BT 30, se instalará siempre un dispositivo de protección en el origen de cada circuito que discurra por los locales mojados o a la intemperie.

1.3. Receptores y aparamenta

- a) Queda prohibida la utilización de aparatos móviles o portátiles, al no estar previsto ningún sistema adecuado de protección para ellos.

- b) Los receptores de alumbrado tendrán sus piezas metálicas bajo tensión protegidas contra las proyecciones de agua, y la cubierta de las lámparas serán hidrófugas. En general se preferirán aparatos que en conjunto presenten una estanqueidad IP 54 o mejor.
- c) Las tomas de corriente, interruptores, conmutadores y cualesquiera otros mecanismos que se instalen ofrecerán, como mínimo, el grado de protección IP 54.

2. Conductores activos y de puesta a tierra

El tipo y demás características para cada circuito, vienen indicados en los esquemas unifilares en los planos.

Cada circuito puede alimentar una o varias luminarias. Los circuitos que alimentan a cada luminaria se indican en las tablas a continuación.

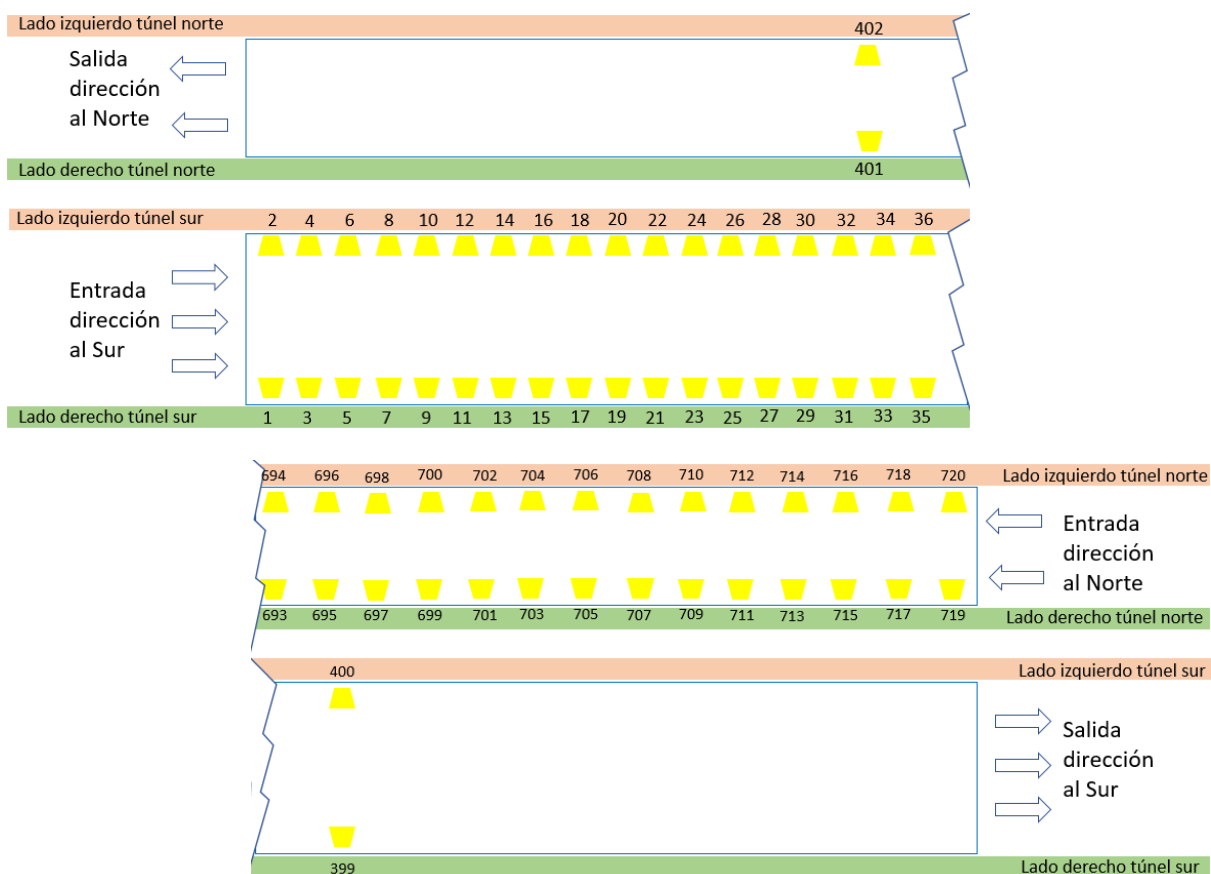


Ilustración 57: Distribución de ECO226-3S/757 (luminarias principales) con sus respectivas numeraciones - vista planta

2.1. Circuitos de alumbrado para el Túnel SUR

NOC1D, NOC1I, NOC2D y NOC2I: NOC= Nocturno, 1ó2= Número del circuito y D= Lado Derecho o I= Lado Izquierdo; el número de la segunda columna indica la luminaria (esta numeración fue mostrada anteriormente en la ilustración).

NOC1D	25
	75
	125
	175
	225
	279
	329
	359
	375

NOC1I	26
	76
	126
	176
	226
	280
	330
	360
	376

NOC2D	381
	383
	385
	387
	389
	391
	393
	395
	397
	399

NOC2I	382
	384
	386
	388
	390
	392
	394
	396
	398
	400

NUB1D, NUB1I, NUB2D, NUB2I, NUB3D, NUB3I, NUB4D, NUB4I, NUB5D, NUB5I, NUB6D y NUB6I: NUB= Nublado, 1ó2ó...6= Número del circuito y D= Lado Derecho o I= Lado Izquierdo; el número de la segunda columna indica la luminaria.

NUB1 D	5
	15
	35
	45
	55
	65

NUB1 I	6
	16
	36
	46
	56
	66

NUB2 D	85
	95
	105
	115
	135
	145
	155

NUB2I	86
	96
	106
	116
	136
	146
	156

NUB3D	165	NUB3I	166
	185		186
	195		196
	205		206
	235		236
NUB4D	245	NUB4I	246
	255		256
	265		266
	275		276
	285		286
	295		296
	305		306
	315		316

NUB5D	325	NUB5I	326
	335		336
	345		346
	353		354
	357		358
	361		362
	365		366
	369		370

NUB6D	371	NUB6I	372
	373		374
	377		378
	379		380

SOL1D, SOL1I, SOL2D, SOL2I, SOL3D, SOL3I, SOL4D, SOL4I, SOL5D, SOL5I, SOL6D Y SOL6I: SOL= Soleado, 1^o2= Número del circuito y D= Lado Derecho o L= Lado Izquierdo; el número de la segunda columna indica la luminaria.

SOL1D	1	SOL1I	2	SOL2D	63	SOL2I	64
	3		4		67		68
	7		8		69		70
	9		10		71		72
	11		12		73		74
	13		14		79		80
	17		18		81		82

	19		20		83		84
	21		22		87		88
	23		24		89		90
	27		28		91		92
	29		30		93		94
	31		32		97		98
	33		34		99		100
	37		38		101		102
	39		40		103		104
	41		42		107		108
	43		44		109		110
	47		48		111		112
	49		50		113		114
	51		52		117		118
	53		54		119		120
	57		58		121		122
	59		60		123		124
	61		62				

	127		128		189		190
	129		130		191		192
	131		132		193		194
	133		134		195		196
	137		138		197		198
	139		140		199		200
	141		142		201		202
	143		144		203		204
	147		148		207		208
	149		150		209		210
SOL3D	151	SOL3I	152	SOL4D	211	SOL4I	212
	153		154		213		214
	157		158		217		218
	159		160		219		220
	161		162		221		222
	163		164		223		224
	167		168		227		228
	169		170		229		230
	171		172		231		232
	173		174		233		234
	177		178		237		238

V.ANEJO DE ALUMBRADO INTERIOR

	179
	181
	183
	187

	180
	182
	184
	188

	239
	241
	243
	247
	249

	240
	242
	244
	248
	250

SOL5D	251
	253
	257
	259
	261
	263
	267
	269
	271
	273
	277
	279
	281
	283
	287
	289
	291
	293
	297
	299
301	
303	
307	
309	
311	
313	

SOL5I	252
	254
	258
	260
	262
	264
	268
	270
	272
	274
	278
	280
	282
	284
	288
	290
	292
	294
	298
	300
302	
304	
308	
310	
312	
314	

SOL6D	317
	319
	321
	323
	327
	329
	331
	333
	337
	339
	341
	343
	347
	349
351	
355	
363	
367	

SOL6I	318
	320
	322
	324
	328
	330
	332
	334
	338
	340
	342
	344
	348
	350
352	
356	
364	
368	

SEG1D, SEG1I, SEG2D, SEG2I, SEG3D, SEG3I, SEG4D y SEG4I: SEG= Iluminación de Seguridad, 1 ó 2= Número del circuito y D= Lado Derecho o I= Lado Izquierdo; el número de la segunda columna indica la luminaria.

SEG1D	1s	SEG1I	2s	SEG2D	63s	SEG2I	64s
	3s		4s		65s		66s
	5s		6s		67s		68s
	7s		8s		69s		70s
	9s		10s		71s		72s
	11s		12s		73s		74s
	13s		14s		75s		76s
	15s		16s		77s		78s
	17s		18s		79s		80s
	19s		20s		81s		82s
	21s		22s		83s		84s
	23s		24s		85s		86s
	25s		26s		87s		88s
	27s		28s		89s		90s
	29s		30s		91s		92s
	31s		32s		93s		94s
	33s		34s		95s		96s
	35s		36s		97s		98s
	37s		38s		99s		100s
	39s		40s		101s		102s
41s	42s	103s	104s				
43s	44s	105s	106s				
45s	46s	107s	108s				
47s	48s	109s	110s				
49s	50s	111s	112s				
51s	52s	113s	114s				
53s	54s	115s	116s				
55s	56s	117s	118s				
57s	58s	119s	120s				
59s	60s						
61s	62s						

SEG3D	121s	SEG3I	122s	SEG4D	177s	SEG4I	178s
	123s		124s		185s		186s
	125s		126s		187s		188s
	127s		128s		189s		190s
	129s		130s		191s		192s
	131s		132s		193s		194s
	133s		134s		195s		196s
	135s		136s		197s		198s
	137s		138s		199s		200s
	139s		140s		201s		202s
	141s		142s		203s		204s
	143s		144s		205s		206s
	145s		146s		207s		208s
	147s		148s		209s		210s
	149s		150s		211s		212s
	151s		152s		213s		214s
	153s		154s		215s		216s
	155s		156s		217s		218s
	157s		158s		219s		220s
	159s		160s		221s		222s
	161s		162s		223s		224s
	163s		164s		225s		226s
	165s		166s		227s		228s
	167s		168s		229s		230s
169s	170s	231s	232s				
171s	172s	233s	234s				
173s	174s	235s	236s				
175s	176s	237s	238s				
		239s	240s				

2.2. Circuitos de alumbrado para el Túnel NORTE

NOC1D, NOC1I, NOC2D y NOC2I: NOC= Nocturno, 1ó2= Número del circuito y D= Lado Derecho o I= Lado Izquierdo; el número de la segunda columna indica la luminaria.

NOC1D	401
	403
	405
	407
	409
	411
	413
	415
	417

NOC1I	402
	404
	406
	408
	410
	412
	414
	416
	418

NOC2D	425
	439
	459
	495
	595
	645
	695

NOC2I	426
	440
	460
	496
	596
	646
	696

NUB1D, NUB1I, NUB2D, NUB2I, NUB3D y NUB3I: NUB= Nublado, 1ó2= Número del circuito y D= Lado Derecho o I= Lado Izquierdo; el número de la segunda columna indica la luminaria.

NUB1D	421
	429
	435
	445
	453
	465
	475
	485

NUB1I	422
	430
	436
	446
	454
	466
NUB2D	476
	486

NUB2D	505
	515
	525
	535
	555
	565
	575
585	

NUB2I	506
	516
	526
	536
	556
	566
	576
586	

NUB3D	605
	615
	625
	635
	655
	665
	675
	685
	705
	715

NUB3I	606
	616
	626
	636
	656
	666
	676
	686
	706
	716

SOL1D, SOL1I, SOL2D, SOL2I, SOL3D, SOL3I, SOL4D, SOL4I, SOL5D, SOL5I, SOL6D Y SOL6I: SOL= Soleado, 1º2= Número del circuito y D= Lado Derecho o I= Lado Izquierdo; el número de la segunda columna indica la luminaria.

SOL2D	457
	461
	463
	467
	469
	471
	473
	477
	479
	481
	483
	487
	489
	491
	493
	497
	499
	501
	503
	507
	509
511	
513	
517	
519	

SOL2I	458
	462
	464
	468
	470
	472
	474
	478
	480
	482
	484
	488
	490
	492
	494
	498
	500
	502
	504
	508
	510
512	
514	
518	
520	

SOL1D	423
	427
	431
	433
	437
	439
	441
	443
	447
	449
	451
	455

SOL1I	424
	428
	432
	434
	438
	440
	442
	444
	448
	450
	452
	456

SOL3D	521	SOL3I	522	SOL4D	571	SOL4I	572
	523		524		573		574
	527		528		577		578
	529		530		579		580
	531		532		581		582
	533		534		583		584
	537		538		587		588
	539		540		589		590
	541		542		591		592
	543		544		593		594
	547		548		597		598
	549		550		599		600
	551		552		601		602
	553		554		603		604
	557		558		607		608
	559		560		609		610
	561		562		611		612
	563		564		613		614
	567		568		617		618
569	570	619	620				
SOL5D	621	SOL5I	622	SOL6D	671	SOL6I	672
	623		624		673		674
	627		628		677		678
	629		630		679		680
	631		632		681		682
	633		634		683		684
	637		638		687		688
	639		640		689		690
	641		642		691		692
	643		644		693		694
	647		648		697		698
	649		650		699		700
	651		652		701		702
	653		654		703		704
	657		658		707		708
	659		660		709		710
	661		662		711		712
	663		664		713		714
	667		668		717		718
669	670	719	720				

SEG1D, SEG1I, SEG2D, SEG2I, SEG3D, SEG3I, SEG4D y SEG4I: SEG= Iluminación de Seguridad, 1 ó 2= Número del circuito y D= Lado Derecho o I= Lado Izquierdo; el número de la segunda columna indica la luminaria.

SEG1D	241s	SEG1I	242s	SEG2D	303s	SEG2I	304s
	243s		244s		305s		306s
	245s		246s		307s		308s
	247s		248s		309s		310s
	249s		250s		311s		312s
	251s		252s		313s		314s
	253s		254s		315s		316s
	255s		256s		317s		318s
	257s		258s		319s		320s
	259s		260s		321s		322s
	261s		262s		323s		324s
	263s		264s		325s		326s
	265s		266s		327s		328s
	267s		268s		329s		330s
	269s		270s		331s		332s
	271s		272s		333s		334s
	273s		274s		335s		336s
	275s		276s		337s		338s
	277s		278s		339s		340s
	279s		280s		341s		342s
	281s		282s		343s		344s
	283s		284s		345s		346s
	285s		286s		347s		348s
	287s		288s		349s		350s
	289s		290s		351s		352s
	291s		292s		353s		354s
293s	294s	355s	356s				
295s	296s	357s	358s				
297s	298s						
299s	300s						
301s	302s						

SEG3D	359s	SEG3I	360s	SEG4D	417s	SEG4I	418s
	361s		362s		419s		420s
	363s		364s		421s		422s
	365s		366s		423s		424s
	367s		368s		425s		426s
	369s		370s		427s		428s
	371s		372s		429s		430s
	373s		374s		431s		432s
	375s		376s		433s		434s
	377s		378s		435s		436s
	379s		380s		437s		438s
	381s		382s		439s		440s
	383s		384s		441s		442s
	385s		386s		443s		444s
	387s		388s		445s		446s
	389s		390s		447s		448s
	391s		392s		449s		450s
	393s		394s		451s		452s
	395s		396s		453s		454s
	397s		398s		455s		456s
	399s		400s		457s		458s
	401s		402s		459s		460s
	403s		404s		461s		462s
	405s		406s		463s		464s
407s	408s	465s	466s				
409s	410s	467s	468s				
411s	412s	469s	470s				
413s	414s	471s	472s				
415s	416s	473s	474s				
		475s	476s				
		477s	478s				
		479s	480s				

2.3. Circuito de alumbrado la zona exterior del Túnel

NOCEXT1D, NOCEXT2D, NOCEXT1I y NOCEXT2I: NOCEXT= Noche exterior del túnel, 1ó2= Número del circuito y D= Lado Derecho o I= Lado Izquierdo; el número de la segunda columna indica la luminaria.

NOCEXT1D	1ext
	2ext
	3ext
	4ext
	5ext
	6ext
	7ext
	8ext
	9ext

NOCEXT1I	19ext
	20ext
	21ext
	22ext
	23ext
	24ext
	25ext
	26ext

NOCEXT2D	10ext
	11ext
	12ext
	13ext
	14ext
	15ext
	16ext
	16ext
	17ext

NOCEXT2I	27ext
	28ext
	29ext
	30ext
	31ext
	32ext
	33ext
	34ext

2.4. Circuito para pasillos de evacuación e interior

SEG1, SEG2, PERM1, PERM2 e INT: SEG= Seguridad, PERM= Permanente, INT= Interior, 1= pasillo interior entrando desde el norte hasta CT o 2= pasillo interior entrando desde CT hasta el sur; el número de la segunda columna indica la luminaria.

INT	1in
	2in
	3in
	4in
	5in
	6in
	7in
	8in
	9in
	10in
	11in
	12in
	13in

PERM1	1p	PERM2	17p	SEG1	481s	SEG2	511s
	2p		18p		482s		512s
	3p		19p		483s		513s
	4p		20p		484s		514s
	5p		21p		485s		515s
	6p		22p		486s		516s
	7p		23p		487s		517s
	8p		24p		488s		518s
	9p		25p		489s		519s
	10p		26p		490s		520s
	11p		27p		491s		521s
	12p		28p		492s		522s
	13p		29p		493s		523s
	14p		30p		494s		524s
	15p		31p		495s		525s
	16p		32p		496s		526s
		497s	527s				
		498s	528s				
		499s	529s				
		500s	530s				
		501s	531s				
		502s	532s				
		503s	533s				
		504s	534s				
		505s	535s				
		506s	536s				
		507s	537s				
		508s	538s				
		509s	539s				
		510s	540s				

b. Cálculos eléctricos

1. Método de cálculo de intensidades admisibles y caídas de tensión

El cálculo de las intensidades lo realizamos con la siguiente formula:

$$I = \frac{P}{U * \text{Cos}\phi}$$

Siendo:

P: Potencia (W)

U: Tensión (V); en este caso 230

Cosφ: Factor de potencia; en este caso 0.95

Intensidad para circuito SOL1D del túnel sur: Para este circuito vemos que la potencia es 25 luminarias * 199W= 4975W.

$$I_1 = \frac{4975}{230*0,95}=22.76A$$

Número de conductores x sección mm²	Espesor de aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20°C Ω/km	Intensidad admisible (1) A	Intensidad admisible enterrado (2) A	Caída de tensión V/A km (2)	
							cos φ = 1	cos φ = 0,8
1x1.5	0.7	5.7	42	13.3	21	21	26,5	21,36
1x 2.5	0.7	6.2	60	7.98	29	27,5	15,92	12,88
1x 4	0.7	6.8	74	4.95	38	35	9,96	8,1
1x 6	0.7	7.3	96	3.3	49	44	6,74	5,51
1x 10	0.7	8.4	140	1.91	68	58	4	3,31
1x 16	0.7	9.4	195	1.21	91	75	2,51	2,12
1x 25	0.9	11	290	0.78	116	96	1,59	1,37
1x 35	0.9	12.6	395	0.55	144	117	1,15	1,01

Tabla 44: Factor de corrección por agrupamiento

Punto	Disposición	Número de circuitos o cables multiconductores								Instalación tipo	
		1	2	3	4	6	9	12	16		20
1	Empotrados, embutidos (dentro de un mismo tubo, canal o grapados sobre una superficie al aire)	1,0	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	A a F

Entonces aplicamos el factor de corrección 44/0.55=24.2 A

Por método de intensidad admisible cogemos la sección de 6 mm². Ya que 24.2A>22.76A

El cálculo de la caída de Tensión lo realizamos con la siguiente formula:

$$\Delta V(\%) = \frac{2 L I}{K s U} * 100$$

Siendo:

L = Longitud del conductor (m).

I = Intensidad máxima determinada por el calibre de la protección (A).

K = 56 para cobre, 35 para aluminio.

s = sección del cable (mm²).

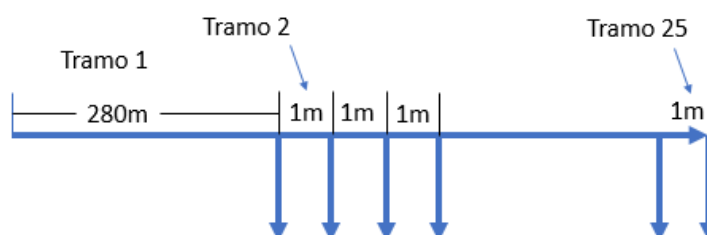
U = tensión entre fases = 230 V.

Caída de tensión para el circuito SOL1D: hacemos el cálculo para la primera luminaria del recorrido del circuito por lo tanto tenemos 280m de longitud con una intensidad de 22.76A y calculamos la caída de tensión, luego calculamos la siguiente caída de tensión que será desde la primera hasta la segunda luminaria con una distancia aproximada de 1m la cual se sumará a la primera caída calculada y así sucesivamente hasta llegar a la última luminaria. Haciendo estos cálculos se determina que la sección de 6 mm² produce una caída de tensión de 17.2% por lo tanto inaceptable, tras hacer cálculos se determina que la sección optima por método de caída de tensión será 35mm².

Ecuación para la caída de tensión para el primer tramo:

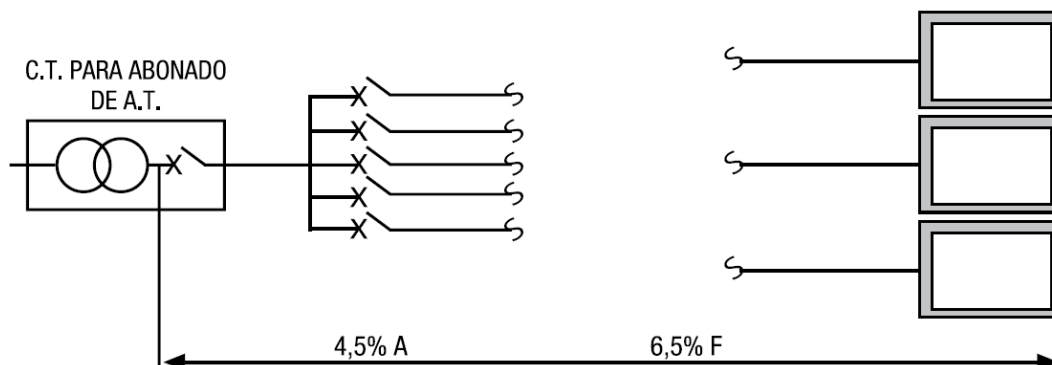
$$\Delta V_{tramo\ 1}(\%) = \frac{2 \cdot 280 \cdot 22.76}{56 \cdot 35 \cdot 230} \cdot 100 = 3.34\%$$

	ΔV (%)
tramo 25	0.0006
tramo 24	0.0011
tramo 23	0.0017
tramo 22	0.0023
tramo 21	0.0028
tramo 20	0.0034
tramo 19	0.0040
tramo 18	0.0045
tramo 17	0.0051
tramo 16	0.0057
tramo 15	0.0062
tramo 14	0.0068
tramo 13	0.0074
tramo 12	0.0079
tramo 11	0.0085
tramo 10	0.0091
tramo 9	0.0096
tramo 8	0.0102
tramo 7	0.0107
tramo 6	0.0113
tramo 5	0.0119
tramo 4	0.0124
tramo 3	0.0130
tramo 2	0.0136
tramo 1	3.34



Sumando las caídas de todos los tramos obtenemos $\Delta V_{total}(\%) = 3.5$

Primero comprobamos que: la caída de tensión admisible en instalaciones de enlace e instalaciones interiores o receptoras según el vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. (ITC-BT 19, apdo. 2.2.2)



Entonces cumple $4.12\% < 4,5\%$; elegimos sección de 25mm^2 para el circuito SOL1D

- Ahora calculamos si esta sección elegida soporta un corriente de cortocircuito.

El circuito SOL1D parte del cuadro C_ALUM_SUR hay que hallar la $Z_{CBT} + Z_{CBT-C_GMP} + Z_{C_GMP-C_ALUM_SUR} + Z_{SOL1D}$

$$Z_{CBT} = (Z_{Red} + Z_{HEPRZ} + Z_{Trafo} + Z_{Trafo-CBT}) = 0.010537 \Omega$$

según Iberdrola MT 2.51.01. Tendremos en cuenta la Tabla 1 Resistencias y Reactancias.

Tabla 1
Resistencia y reactancia

Sección de fase en mm^2	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

$$Z_{CBT-C_GMP} = \sqrt{(R * L)^2 + (X * L)^2} = \sqrt{(0.125 * 0.022)^2 + (0.07 * 0.022)^2} = 3.15 * 10^{-3} \Omega$$

$$Z_{C_GMP -C_ALUM_SUR} = \sqrt{(0.206 * 0.01)^2 + (0.076 * 0.01)^2} = 2.1957 * 10^{-3} \Omega$$

$$Z_{SOL1D} = \sqrt{(0.78 * 0.34)^2 + (0.08 * 0.34)^2} = 0.2665 \Omega$$

Ahora sacamos la I_{ccmin} cuando el corto se produce al final del circuito SOL1D.

$$I_{CC \min} = \frac{230}{(0.010537 + 3.15 * 10^{-3} + 2.1957 * 10^{-3} + 0.2665)} = 814.23A$$

Tabla 45: intensidad de cortocircuito admisible para cable de 25mm^2 termoplástico

INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLE (A) PARA CONDUCTORES DE C_u CON AISLAMIENTO TERMOESTABLE (TIPO XLPE, EPR, POLIOLEFINAS Z O SILICONA), MÁXIMO 250 °C EN CORTOCIRCUITO. ($I_{cc} = 143 \cdot S/\sqrt{t}$)

Sección S mm^2	Duración del cortocircuito en segundos (t)									
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	
35	15.827	11.192	9.138	7.078	5.005	4.087	3.539	3.165	2.890	

Entonces se verifica que el cable elegido soporta $7078A > 814.23 \checkmark$

- Aprovechamos en explicar el cálculo de la protección magnetotérmica para el circuito SOL1D, sacamos la I_{CCmax} que será al inicio del circuito SOL1D.

$$I_{CC\ max} = \frac{230}{(0.010537 + 3.15 \cdot 10^{-3} + 2.1957 \cdot 10^{-3})} = 14481.1A$$

Entonces se elige el magnetotérmico para la protección del circuito SOL1D: 2 polos 25 A, curva B con un poder de corte de cortocircuito de 25kA

Por lo tanto $15kA > 14481.1A = I_{CC\ max} \checkmark$ y por tener curva B, $25 \cdot 5A = 125 < 814.23 = I_{CC\ min} \checkmark$

2. Resultados obtenidos, circuito de Iluminación

Tabla 46: Características de los circuitos Iluminación en Túnel Sur

Secciones - AlumbradoTúnel Sur							
Circuito	Fase	Potencia (W)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo	I.Admi..	Caí. Tens (%)
NOC1D	R	1791	335.5	2x25+TTx16Cu	8.2	54.15	1.27
NOC2D	S	1990	320.5	2x25+TTx16Cu	9.11	54.15	1.24
NOC1I	T	1791	306.5	2x25+TTx16Cu	8.2	54.15	1.11
NOC2I	R	1990	300.5	2x25+TTx16Cu	9.11	54.15	1.12
NUB1D	R	1194	327	2x25+TTx16Cu	5.46	54.15	1.21
NUB1I	R	1194	307	2x25+TTx16Cu	5.46	54.15	1.13
NUB2D	S	1393	287	2x25+TTx16Cu	6.38	54.15	1.21
NUB2I	S	1393	267	2x25+TTx16Cu	6.38	54.15	1.13
NUB3D	T	1194	255	2x10+TTx10Cu	5.46	30.78	2.15
NUB3I	T	1194	259	2x10+TTx10Cu	5.46	54	2.21
NUB4D	R	1592	213.5	2x10+TTx10Cu	7.29	30.78	2.33
NUB4I	R	1592	193.5	2x10+TTx10Cu	7.29	30.78	2.09
NUB5D	S	1592	153	2x10+TTx10Cu	7.29	30.78	1.4
NUB5I	S	1592	133	2x10+TTx10Cu	7.29	54	1.15
NUB6D	T	796	74	2x10+TTx10Cu	3.64	30.78	0.43
NUB6I	T	796	64	2x10+TTx10Cu	3.64	30.78	0.37
SOL1D	R	4975	340	2x35+TTx16Cu	22.77	67.83	3.5
SOL1I	R	4975	320	2x35+TTx16Cu	22.77	67.83	3.29
SOL2D	S	4975	311	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	4.47
SOL2I	S	4975	291	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	4.17
SOL3D	T	4975	281	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	4.03
SOL3I	T	4975	261	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	3.73
SOL4D	R	4975	250	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	3.56
SOL4I	R	4975	230	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	3.26
SOL5D	S	4975	241	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	3.19

SOL5I	S	4975	221	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	2.89
SOL6D	T	3383	148.5	2x10+TTx10Cu	15.48	30.78	3.07
SOL6I	T	3383	128.5	2x10+TTx10Cu	14.71	30.78	2.54
SEG1D	R	899	473	2x10+TTx10Cu	4.11	30.78	2.25
SEG1I	R	899	453	2x10+TTx10Cu	4.11	30.78	2.12
SEG2D	S	812	303	2x10+TTx10Cu	3.72	30.78	1.12
SEG2I	S	812	283	2x10+TTx10Cu	3.72	30.78	1
SEG3D	T	841	313	2x10+TTx10Cu	3.85	30.78	1.18
SEG3I	T	841	293	2x10+TTx10Cu	3.85	30.78	1.06
SEG4D	R	928	481	2x10+TTx10Cu	4.25	30.78	2.34
SEG4I	R	928	461	2x10+TTx10Cu	4.25	30.78	2.21

Tabla 47: Características de los circuitos iluminación en Túnel Norte

Secciones - AlumbradoTunel Norte							
Circuito	Fase	Potencia (W)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo	I.Admi..	Caí. Tens (%)
NOC1D	T	1990	300	2x10+TTx10Cu	9.11	30.78	2.38
NOC1I	T	1990	330	2x25+TTx16Cu	9.11	54.15	1.16
NOC2D	T	1592	312	2x10+TTx10Cu	7.29	30.78	2.32
NOC2I	T	1592	332	2x10+TTx10Cu	7.29	30.78	2.56
NUB1D	R	1592	189	2x10+TTx10Cu	7.29	30.78	1.55
NUB1I	R	1592	209	2x10+TTx10Cu	7.29	30.78	1.79
NUB2D	S	1592	252	2x10+TTx10Cu	7.29	30.78	2.67
NUB2I	S	1592	282	2x10+TTx10Cu	7.29	30.78	2.9
NUB3D	T	1990	306	2x10+TTx10Cu	9.11	30.78	4.14
NUB3I	T	1990	326	2x10+TTx10Cu	8.65	30.78	4.43
SOL1D	T	2189	142	2x10+TTx10Cu	10.02	30.78	1.69
SOL1I	T	2189	162	2x10+TTx10Cu	10.02	30.78	2.02
SOL2D	R	4975	228.5	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	2.89
SOL2I	R	4975	248.5	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	3.19
SOL3D	S	3980	260	2x16+TTx16Cu	18.22	41.61	4.42
SOL3I	S	3980	280	2x25+TTx16Cu	18.22	54.15	3.05
SOL4D	S	3980	290	2x25+TTx16Cu	18.22	54.15	3.17
SOL4I	S	3980	310	2x25+TTx16Cu	18.22	54.15	3.41
SOL5ID	T	3980	320	2x25+TTx16Cu	18.22	54.15	3.53
SOL5I	T	3980	340	2x25+TTx16Cu	18.22	54.15	3.77
SOL6D	R	3980	350	2x25+TTx16Cu	18.22	54.15	3.89
SOL6I	R	3980	370	2x25+TTx16Cu	18.22	54.15	4.13
SEG1D	R	899	483	2x10+TTx10Cu	4.11	30.78	2.32
SEG1I	R	899	463	2x10+TTx10Cu	4.11	30.78	2.19
SEG2D	S	812	313	2x10+TTx10Cu	3.72	30.78	1.18
SEG2I	S	812	293	2x10+TTx10Cu	3.72	30.78	1.06
SEG3D	T	841	323	2x10+TTx10Cu	3.85	30.78	1.25

SEG3I	T	841	303	2x10+TTx10Cu	3.85	30.78	1.12
SEG4D	R	928	491	2x10+TTx10Cu	4.25	30.78	2.41
SEG4I	R	928	471	2x10+TTx10Cu	4.25	30.78	2.27

Tabla 48: Características de los circuitos en el exterior del Túnel

Secciones - Alumbrado Exterior							
Circuito	Fase	Potencia (W)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo	I.Admi..	Caí. Tens (%)
NOEXT1D	S	810	499	2x10+TTx10Cu	3.71	59.5	2.52
NOEXT2D	S	810	509	2x10+TTx10Cu	3.71	59.5	2.58
NOEXT1I	T	720	501	2x10+TTx10Cu	3.3	59.5	2.29
NOEXT2I	T	720	509	2x10+TTx10Cu	3.3	59.5	2.33

Tabla 49: Características de los circuitos en pasillos de evacuación y recintos interiores

Secciones - Alumbrado interior (pasillos de evacuación y recintos interiores)							
Circuito	Fase	Potencia (W)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo	I.Admi..	Caí. Tens (%)
PERM1	R	120	350	2x6+TTx6Cu	0.55	32	0.63
PERM2	R	136	350	2x6+TTx6Cu	0.62	32	0.69
SEG1	S	870	350	2x6+TTx6Cu	3.98	32	3.85
SEG2	S	870	350	2x6+TTx6Cu	3.98	32	3.85
INTERIOR	T	377	40	2x2.5+TTx2.5Cu	1.73	13.11	0.56

G. CONCLUSIÓN Y FIRMA

Teniendo en cuenta el buen diseño de las instalaciones, los materiales a utilizar, el cumplimiento de las normas y reglamentos vigentes, las especificaciones del peticionario que en este caso el peticionario es la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar y el buen criterio del proyectista.

Llego a la conclusión de que este es un proyecto acorde a las exigencias impuestas por el peticionario y acorde a las normas vigentes.

Neel Marck Vargas Eufrazio

En Béjar; Septiembre del 2017.



VI. ANEJO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN

A. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL ANEJO

El Real Decreto 105/2008 de 1 de Febrero establece las disposiciones relativas a la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, de acuerdo con el artículo 1.2 de la Ley 10/1998, de 21 de Abril, de Residuos con el objetivo final de prevenir la incidencia ambiental de los mismos y contribuir a un desarrollo sostenible de la actividad de construcción.

Este anejo se redacta con el objetivo de definir las gestiones a realizar con los materiales sobrantes y residuos generados durante la obra, de acuerdo a la normativa vigente.

Para este proyecto como norma general, se intentará reutilizar los materiales siempre que sea posible, y si no lo fuese, depositarlos en contenedores para su posterior recogido y reciclado por parte de empresas autorizadas.

B. NORMATIVA APLICADA

La normativa utilizada en para la elaboración de este anejo ha sido la siguiente:

- REAL DECRETO 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- REAL DECRETO 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.
- LEY 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.
- Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba, el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.

C. IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS Y CANTIDADES

Los residuos están identificados y codificados según la lista de europea de residuos publicada por la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

El ANEXO 1 muestra el capítulo 17 de dicho listado: "RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN".

- RCD's NIVEL I. tierras y pétreos procedentes de la excavación.
- RCD's NIVEL II. RCD's resultantes de la ejecución de la obra.

RCD's NIVEL I:

	m ³	Tn/m ³	Tn
procedente de desbroce	15	2	30
excavación en desmonte	10	2	20

excavación en zanja	30	2	60
total			110

RCD's NIVEL II:

	m ³	Tn/m ³	Tn
relleno de zanjas	20	2	40
Instalación de arquetas	10	2	20
Instalación de alumbrado	30	2	60
total			120

D. MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DE RESIDUOS EN OBRA

Se establecen las siguientes pautas como estrategia por parte del poseedor de los residuos para reducir, para alcanzar los siguientes objetivos.

- Minimizar y reducir las cantidades de materias primas que se utilizan y de los residuos que se originan son aspectos prioritarios en las obras. Hay que prever la cantidad de materiales que se necesitan para la ejecución de la obra. Un exceso de materiales, además de ser caro, es origen de un mayor volumen de residuos sobrantes de ejecución. También es necesario prever el acopio de los materiales fuera de zonas de tránsito de la obra, de forma que permanezcan bien embalados y protegidos hasta el momento de su utilización, con el fin de evitar residuos procedentes de la rotura de piezas.

- Los residuos que se originan deben ser gestionados de la manera más eficaz para su valorización. Es necesario prever en qué forma se va a llevar a cabo la gestión de todos los residuos que se originan en la obra.

Se debe determinar la forma de valorización de los residuos, si se reutilizaran, reciclaran o servirán para recuperar la energía almacenada en ellos. El objetivo es poder disponer los medios y trabajos necesarios para que los residuos resultantes estén en las mejores condiciones para su valorización.

- Fomentar la clasificación de los residuos que se producen de manera que sea más fácil su valorización y gestión en el vertedero. La recogida selectiva de los residuos es tan útil para facilitar su valorización como para mejorar su gestión en el vertedero. Así, los residuos, una vez clasificados pueden enviarse a gestores especializados en el reciclaje o deposición de cada uno de ellos, evitándose así transportes innecesarios porque los residuos sean excesivamente heterogéneos o porque contengan materiales no admitidos por el vertedero o la central recicladora.

- Elaborar criterios y recomendaciones específicas para la mejora de la gestión. No se puede realizar una gestión de residuos eficaz si no se conocen las mejores posibilidades para su gestión. Se trata, por tanto, de analizar las condiciones técnicas necesarias y, antes de empezar los trabajos, definir un conjunto de prácticas para una buena gestión de la obra, y que el personal deberá cumplir durante la ejecución de los trabajos.

- Planificar la obra teniendo en cuenta las expectativas de generación de residuos y de su eventual minimización o reutilización. Se deben identificar, en cada una de las fases

de la obra, las cantidades y características de los residuos que se originaran en el proceso de ejecución, con el fin de hacer una previsión de los métodos adecuados para su minimización o reutilización y de las mejores alternativas para su deposición. Es necesario que las obras vayan planificándose con estos objetivos, porque la evolución nos conduce hacia un futuro con menos vertederos, cada vez más caros y alejados.

- Disponer de un directorio de los compradores de residuos, vendedores de materiales reutilizados y recicladores más próximos. La información sobre las empresas de servicios e industriales dedicadas a la gestión de residuos es una base imprescindible para planificar una gestión eficaz.

- El personal de la obra que participa en la gestión de los residuos deben tener una formación suficiente sobre los aspectos administrativos necesarios. El personal debe recibir la formación necesaria para ser capaz de rellenar partes de transferencia de residuos al transportista (apreciar cantidades y características de los residuos), verificar la calificación de los transportistas y supervisar que los residuos no se manipulan de modo que se mezclen con otros que deberían ser depositados en vertederos especiales.

- La reducción del volumen de residuos reporta un ahorro en el coste de su gestión. El coste actual de vertido de los residuos no incluye el coste ambiental real de la gestión de estos residuos. Hay que tener en cuenta que cuando se originan residuos también se producen otros costes directos, como los de almacenamiento en la obra, carga y transporte; asimismo se generan otros costes indirectos, los de los nuevos materiales que ocuparan el lugar de los residuos que podrían haberse reciclado en la propia obra; por otra parte, la puesta en obra de esos materiales dará lugar a nuevos residuos. Además, hay que considerar la pérdida de los beneficios que se podían haber alcanzado si se hubiera recuperado el valor potencial de los residuos al ser utilizados como materiales reciclados.

- Los contratos de suministro de materiales deben incluir un apartado en el que se defina claramente que el suministrador de los materiales y productos de la obra se hará cargo de los embalajes en que se transportan hasta ella. Se trata de hacer responsable de la gestión a quien origina el residuo. Esta prescripción administrativa de la obra también tiene un efecto disuasorio sobre el derroche de los materiales de embalaje que padecemos.

- Los contenedores, sacos, depósitos y demás recipientes de almacenaje y transporte de los diversos residuos deben estar etiquetados debidamente, Los residuos deben ser fácilmente identificables para los que trabajan con ellos y para todo el personal de la obra. Por consiguiente, los recipientes que los contienen deben ir etiquetados, describiendo con claridad la clase y características de los residuos. Estas etiquetas tendrán el tamaño y disposición adecuada, de forma que sean visibles, inteligibles y duraderas, esto es, capaz de soportar el deterioro de los agentes atmosféricos y el paso del tiempo.

- Acopio de materiales fuera de las zonas de tránsito. De modo que permanezcan bien embalados y protegidos hasta el momento de su uso, con el fin de evitar que la rotura de piezas origine la producción de nuevos residuos.

- No se permitirá el lavado de las cubas de los camiones hormigonera en el recinto de la obra. De modo que deberán volver a la planta de la que provengan, pues está preparada y dispone de lugares adecuados para realizar las operaciones de lavado de

sus cubas sin peligro de vertidos accidentales de aguas alcalinizadas (aguas can lechada de cemento).

E. Reutilización, valorización o eliminación de residuos de obra

a. Medidas de Reutilización Previstas

Los restos leñosos procedentes de la selvicultura, se separarán por su tamaño, organizando los restos leñosos menores en pilas para su posterior triturado (e incorporación final al ciclo del suelo tras su descomposición) y formando pilas de leñas para los troceados de árboles apeados o entresacados y ramas mayores de 10 cm.

Como también se ha indicado, se ha considerado la reutilización de todas las tierras procedentes de excavación y pequeños movimientos de tierra, reubicándolas en el propio ámbito del proyecto, tanto en recuperación de taludes erosionados, rellenos de huecos en el terreno y rellenos de trasdós de muros.

Los materiales no susceptibles de reutilización "in situ" se transportarán a través de un gestor autorizado a una planta de reciclaje o tratamiento para que se proceda a su valorización.

b. Medidas de Valoración de los Residuos Generados

Los materiales susceptibles de valorización (maderas, metales, plásticos, vidrios, papel.) se entregarán a un gestor autorizado para que proceda a su valorización.

F. MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE RESIDUOS EN LA OBRA

a. Medidas de Segregación "in situ" Previstas

Además de lo comentado para los restos leñosos, el R.D los/2008 de 1 de febrero obliga al poseedor de los residuos a separarlos por tipos de materiales.

De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5.5 de los residuos de construcción y demolición deberán separarse en las siguientes fracciones cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

Hormigón 230 t

Ladrillos, Tejas, Cerámicos: 10 t

Metal: 4 t

Madera: 2 t

Plástico: 1 t

Papel y cartón: 1 t

Las cantidades anteriormente mencionadas no se superan en todos los casos, pero sí en el caso de madera, con lo que no habrá que disponer de contenedores independientes para cada uno de los residuos: RSU, RCD y madera. Estos contenedores cumplirán la normativa vigente (estanqueidad. Protección contra el sol y la Lluvia. etiquetados, etc...).

La clasificación, selección y almacenamiento de los materiales específicos de la obra se realizarán según la normativa, atendiendo a:

- Materiales pétreos de nivel I. Se almacenarán en la obra. No se necesitan contenedores especiales.
- Materiales no especiales o banales. Se almacenarán en sacos. Su clasificación se realizará en obra y a cada saco se le identificará con un color determinado.
- Madera. Se almacenara en obra y en contenedores. Su clasificación se realizara según su posibilidad de valoración.
- Plásticos, papel. Cartón y metal. Los materiales procedentes de embalajes tendrán que ser gestionados por la empresa suministradora. La clasificación depende de si el material es reciclable o no. Los residuos no reciclables se depositan en el contenedor general de materiales

banales. Los reciclables sin posibilidad de reutilización en la propia obra se depositaran en

diferentes contenedores, según la naturaleza del material, almacenaran directamente en el suelo,

ya que suelen ser gestionados.

La forma de clasificación del material en obra está establecida por la ley. Para facilitar la medida de selección en obra se habilitarán:

- Contenedor de maderas para reciclar.
- Contenedor de plásticos para reciclar.
- Contenedor de papel y cartón para reciclar.
- Contenedor de banales para vertedero.
- Contenedor de materiales pétreos.

G. CONCLUSIÓN Y FIRMA

Teniendo en cuenta el buen diseño de las medidas a utilizar, el cumplimiento de las normas y reglamentos vigentes, las especificaciones del peticionario que en este caso es la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar y el buen criterio del proyectista.

Llego a la conclusión de que este es un proyecto acorde a las exigencias impuestas por el peticionario y las normas vigentes.

Neel Marck Vargas Eufrazio

En Béjar; Septiembre del 2017.

VII. ANEJO DE CÁLCULOS

Resultados de los cálculos del anejo de baja tensión, se tiene en cuenta que los métodos y ecuaciones ya fueron explicados en anteriores anejos.

Tabla 50: Cuadro General de Mando y Protección

CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN (C_GMP)							
Circuito	Fase	Potencia (W)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm.(A)	Caí. Ten (%)
C_ALUM_SUR	RST	82660	10	4x95+TTx50Cu	149.14	194	0.06
C_ALUM_NOR	RST	63680	10	4x70+TTx35Cu	114.9	160	0.06
C_SAI	RST	30913.8	10	4x35+TTx16Cu	55.78	104	0.11
Batería Condensadores (var)	RST	325000	10	2(3x120+TTx95Cu)	355.08	450	0.19
C_EXTRACCIÓN	RST	183750	10	2(4x95+TTx50)Cu	331.54	390	0.13
C_VENTILACIÓN	RST	357500	10	3(4x150+TTx95)Cu	645.03	780	0.11
C_GRUP_ELECT	RST	560000	15	4(4x185+TTx95)Cu	1010.39	1188	0.15

Tabla 51: Cuadro de Alumbrado Sur

CUADRO ALUMBRADO SUR (C_ALUM_SUR)							
Circuito	Fase	Potencia (W)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm.(A)	Caí. Ten (%)
SURNOC	RST	7562	0.3	4x25Cu	11.49	77	0.12
NOC1D	R	1791	335.5	2x25+TTx16Cu	8.2	54.15	1.27
NOC2D	S	1990	320.5	2x25+TTx16Cu	9.11	54.15	1.24
NOC1I	T	1791	306.5	2x25+TTx16Cu	8.2	54.15	1.11
NOC2I	R	1990	300.5	2x25+TTx16Cu	9.11	54.15	1.12
SURNUB	RST	15522	0.3	4x25Cu	23.58	77	0.12
NUB1D	R	1194	327	2x25+TTx16Cu	5.46	54.15	1.21
NUB1I	R	1194	307	2x25+TTx16Cu	5.46	54.15	1.13
NUB2D	S	1393	287	2x25+TTx16Cu	6.38	54.15	1.21
NUB2I	S	1393	267	2x25+TTx16Cu	6.38	54.15	1.13
NUB3D	T	1194	255	2x10+TTx10Cu	5.46	30.78	2.15
NUB3I	T	1194	259	2x10+TTx10Cu	5.46	54	2.21
NUB4D	R	1592	213.5	2x10+TTx10Cu	7.29	30.78	2.33
NUB4I	R	1592	193.5	2x10+TTx10Cu	7.29	30.78	2.09
NUB5D	S	1592	153	2x10+TTx10Cu	7.29	30.78	1.4
NUB5I	S	1592	133	2x10+TTx10Cu	7.29	54	1.15
NUB6D	T	796	74	2x10+TTx10Cu	3.64	30.78	0.43
NUB6I	T	796	64	2x10+TTx10Cu	3.64	30.78	0.37
SURSOL	RST	56516	0.3	4x50Cu	101.97	117	0.13
SOL1D	R	4975	340	2x35+TTx16Cu	22.77	67.83	3.5
SOL1I	R	4975	320	2x35+TTx16Cu	22.77	67.83	3.29
SOL2D	S	4975	311	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	4.47

SOL2I	S	4975	291	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	4.17
SOL3D	T	4975	281	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	4.03
SOL3I	T	4975	261	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	3.73
SOL4D	R	4975	250	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	3.56
SOL4I	R	4975	230	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	3.26
SOL5D	S	4975	241	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	3.19
SOL5I	S	4975	221	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	2.89
SOL6D	T	3383	148.5	2x10+TTx10Cu	15.48	30.78	3.07
SOL6I	T	3383	128.5	2x10+TTx10Cu	14.71	30.78	2.54
ALUMBEXTERIOR	RST	3060	0.3	4x25Cu	4.65	77	0.12
NOCEXT1D	R	810	499	2x10+TTx10Cu	3.71	59.5	2.52
NOCEXT2D	S	810	509	2x10+TTx10Cu	3.71	59.5	2.58
NOCEXT1I	T	720	501	2x10+TTx10Cu	3.3	59.5	2.29
NOCEXT2I	T	720	509	2x10+TTx10Cu	3.3	59.5	2.33

Tabla 52: Icc y protecciones C_ALUM_SUR

Icc y Protección CUADRO ALUMBRADO SUR (C_ALUM_SUR)						
Circuito	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pcci} (kA)	P _{de corte} (kA)	I _{pccf} (kA)	I(A), curva
NOC1D R	335.5	2x25+TTx16Cu	10.38	15	302.34	10;B,C,D
NOC2D S	320.5	2x25+TTx16Cu	10.38	15	315.68	10;B,C,D
NOC1I T	306.5	2x25+TTx16Cu	10.38	15	329.23	10;B,C,D
NOC2I R	300.5	2x25+TTx16Cu	10.38	15	335.4	10;B,C,D
NUB1D R	327	2x25+TTx16Cu	10.38	15	309.76	10;B,C,D
NUB1I R	307	2x25+TTx16Cu	10.38	15	328.73	10;B,C,D
NUB2D S	287	2x25+TTx16Cu	10.38	15	350.17	10;B,C,D
NUB2I S	267	2x25+TTx16Cu	10.38	15	374.6	10;B,C
NUB3D T	255	2x10+TTx10Cu	10.38	15	163.38	10;B,C
NUB3I T	259	2x10+TTx10Cu	10.38	15	160.93	10;B,C
NUB4D R	213.5	2x10+TTx10Cu	10.38	15	194.01	10;B,C,D
NUB4I R	193.5	2x10+TTx10Cu	10.38	15	213.29	10;B,C,D
NUB5D S	153	2x10+TTx10Cu	10.38	15	267	10;B,C,D
NUB5I S	133	2x10+TTx10Cu	10.38	15	304.92	10;B,C,D
NUB6D T	74	2x10+TTx10Cu	10.38	15	524.7	10;B,C,D
SUR SOL	0.3	4x50Cu	10.52	15	5202.12	25;B,C
SOL1D R	340	2x35+TTx16Cu	14.45	15	409.29	25;B,C
SOL1IR	320	2x35+TTx16Cu	14.45	15	432.86	25;B,C
SOL2D S	311	2x25+TTx16Cu	14.45	15	324.9	25;B,C
SOL2I S	291	2x25+TTx16Cu	14.45	15	345.83	25;B,C
SOL3D T	281	2x25+TTx16Cu	14.45	15	357.34	25;B,C
SOL3I T	261	2x25+TTx16Cu	14.45	15	382.82	25;B,C
SOL4D R	250	2x25+TTx16Cu	14.45	15	398.44	25;B,C
SOL4I R	230	2x25+TTx16Cu	14.45	15	430.38	25;B,C
SOL5D S	241	2x25+TTx16Cu	14.45	15	412.21	25;B,C

SOL5I S	221	2x25+TTx16Cu	14.45	15	446.49	16;B,C
SOL6D T	148.5	2x10+TTx10Cu	14.45	15	274.79	16;B,C
SOL6I T	128.5	2x10+TTx10Cu	14.45	15	315.12	16;B,C
NOCEXT1D S	499	2x10+TTx10Cu	10.38	15	84.72	10;B
NOCEXT2D S	509	2x10+TTx10Cu	10.38	15	83.08	10;B
NOCEXT1I T	501	2x10+TTx10Cu	10.38	15	84.38	10;B
NOCEXT2I T	509	2x10+TTx10Cu	10.38	15	83.08	10;B

Tabla 53: Cuadro de Alumbrado Norte

CUADRO ALUMBRADO NOR (C_ALUM_NOR)							
Circuito	Fase	Potencia (W)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm.(A)	Caí. Ten (%)
NOC1D	T	1990	300	2x10+TTx10Cu	9.11	30.78	2.38
NOC1I	T	1990	330	2x25+TTx16Cu	9.11	54.15	1.16
NOC2D	T	1592	312	2x10+TTx10Cu	7.29	30.78	2.32
NOC2I	T	1592	332	2x10+TTx10Cu	7.29	30.78	2.56
NUB1D	R	1592	189	2x10+TTx10Cu	7.29	30.78	1.55
NUB1I	R	1592	209	2x10+TTx10Cu	7.29	30.78	1.79
NUB2D	S	1592	252	2x10+TTx10Cu	7.29	30.78	2.67
NUB2I	S	1592	282	2x10+TTx10Cu	7.29	30.78	2.9
NUB3D	T	1990	306	2x10+TTx10Cu	9.11	30.78	4.14
NUB3I	T	1990	326	2x10+TTx10Cu	8.65	30.78	4.43
SOL1D	T	2189	142	2x10+TTx10Cu	10.02	30.78	1.69
SOL1I	T	2189	162	2x10+TTx10Cu	10.02	30.78	2.02
SOL2D	R	4975	228.5	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	2.89
SOL2I	R	4975	248.5	2x25+TTx16Cu	22.77	54.15	3.19
SOL3D	S	3980	260	2x16+TTx16Cu	18.22	41.61	4.42
SOL3I	S	3980	280	2x25+TTx16Cu	18.22	54.15	3.05
SOL4D	S	3980	290	2x25+TTx16Cu	18.22	54.15	3.17
SOL4I	S	3980	310	2x25+TTx16Cu	18.22	54.15	3.41
SOL5ID	T	3980	320	2x25+TTx16Cu	18.22	54.15	3.53
SOL5I	T	3980	340	2x25+TTx16Cu	18.22	54.15	3.77
SOL6D	R	3980	350	2x25+TTx16Cu	18.22	54.15	3.89
SOL6I	R	3980	370	2x25+TTx16Cu	18.22	54.15	4.13

Tabla 54: Icc y protecciones C_ALUM_NOR

Icc y Protección CUADRO ALUMBRADO SUR (C_ALUM_SUR)						
Circuito	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pcci} (kA)	P, de corte (kA)	I _{pccf} (kA)	I(A), curva
NOC1D T	300	2x10+TTx10Cu	10.76	15	139.64	10;B,C
NOC1I T	330	2x25+TTx16Cu	10.76	15	307.8	10;B,C,D
NOC2D T	312	2x10+TTx10Cu	10.76	15	134.39	10;B,C
NOC2I T	332	2x10+TTx10Cu	10.76	15	126.47	10;B,C
NUB1D R	189	2x10+TTx10Cu	10.76	15	218.52	10;B,C,D
NUB1I R	209	2x10+TTx10Cu	10.76	15	198.33	10;B,C
NUB2D S	252	2x10+TTx10Cu	10.76	15	165.47	10;B,C
NUB2I S	282	2x10+TTx10Cu	10.76	15	148.32	10;B,C
NUB3D T	306	2x10+TTx10Cu	10.76	15	136.96	10;B,C
NUB3I T	326	2x10+TTx10Cu	10.76	15	128.75	10;B,C
SOL1D T	142	2x10+TTx10Cu	10.76	15	287.22	16;B,C
SOL1I T	162	2x10+TTx10Cu	10.76	15	253.33	16;B,C
SOL2D R	228.5	2x25+TTx16Cu	10.76	15	434.13	25;B,C
SOL2I R	248.5	2x25+TTx16Cu	10.76	15	401.65	25;B,C
SOL3D S	260	2x16+TTx16Cu	10.76	15	252.58	20;B,C
SOL3I S	280	2x25+TTx16Cu	10.76	15	359.31	20;B,C
SOL4D S	290	2x25+TTx16Cu	10.76	15	347.68	20;B,C
SOL4I S	310	2x25+TTx16Cu	10.76	15	326.53	20;B,C
SOL5IDT	320	2x25+TTx16Cu	10.76	15	316.89	20;B,C
SOL5I T	340	2x25+TTx16Cu	10.76	15	299.23	20;B,C
SOL6D R	350	2x25+TTx16Cu	10.76	15	291.11	20;B,C
SOL6I R	370	2x25+TTx16Cu	10.76	15	276.14	20;B,C

Tabla 55: Cuadro SAI

CUADRO SAI (C_SAI)							
Circuito	Fase	Potencia (W)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm.(A)	Caf. Ten (%)
SUR-HyT-1D	S	9.4	370	2x10+TTx10Cu	0.04	30.78	0.14
SUR-HyT-2D	S	9.4	370	2x10+TTx10Cu	0.04	30.78	0.14
SUR-HyT-1I	S	9.4	340	2x10+TTx10Cu	0.04	30.78	0.14
SUR-HyT-2I	S	9.4	340	2x10+TTx10Cu	0.04	30.78	0.14
NOR-HyT-1D	R	7.2	340	2x10+TTx10Cu	0.03	30.78	0.13
NOR-HyT-2D	R	7.2	340	2x10+TTx10Cu	0.03	30.78	0.13
NOR-HyT-1I	R	7.2	370	2x10+TTx10Cu	0.03	30.78	0.13
NOR-HyT-2I	R	7.2	370	2x10+TTx10Cu	0.03	30.78	0.13
SUR-CO-1D	T	6.6	360	2x10+TTx10Cu	0.03	30.78	0.13
SUR-CO-2D	T	6.6	360	2x10+TTx10Cu	0.03	30.78	0.13
SUR-CO-1I	T	6.6	340	2x10+TTx10Cu	0.03	30.78	0.13
SUR-CO-2I	T	6.6	340	2x10+TTx10Cu	0.03	30.78	0.13
NOR-CO-1D	T	6.6	360	2x10+TTx10Cu	0.03	30.78	0.13

NOR-CO-2D	T	6.6	360	2x10+TTx10Cu	0.03	30.78	0.13
NOR-CO-1I	T	6.6	340	2x10+TTx10Cu	0.03	30.78	0.13
NOR-CO-2I	T	6.6	340	2x10+TTx10Cu	0.03	30.78	0.13
SEG1D	R	899	473	2x10+TTx10Cu	4.11	30.78	2.25
SEG1I	R	899	453	2x10+TTx10Cu	4.11	30.78	2.12
SEG2D	S	812	303	2x10+TTx10Cu	3.72	30.78	1.12
SEG2I	S	812	283	2x10+TTx10Cu	3.72	30.78	1
SEG3D	T	841	313	2x10+TTx10Cu	3.85	30.78	1.18
SEG3I	T	841	293	2x10+TTx10Cu	3.85	30.78	1.06
SEG4D	R	928	481	2x10+TTx10Cu	4.25	30.78	2.34
SEG4I	R	928	461	2x10+TTx10Cu	4.25	30.78	2.21
SEG1D	R	899	483	2x10+TTx10Cu	4.11	30.78	2.32
SEG1I	R	899	463	2x10+TTx10Cu	4.11	30.78	2.19
SEG2D	S	812	313	2x10+TTx10Cu	3.72	30.78	1.18
SEG2I	S	812	293	2x10+TTx10Cu	3.72	30.78	1.06
SEG3D	T	841	323	2x10+TTx10Cu	3.85	30.78	1.25
SEG3I	T	841	303	2x10+TTx10Cu	3.85	30.78	1.12
SEG4D	R	928	491	2x10+TTx10Cu	4.25	30.78	2.41
SEG4I	R	928	471	2x10+TTx10Cu	4.25	30.78	2.27
PERM1	R	120	350	2x6+TTx6Cu	0.55	32	0.63
PERM2	R	136	350	2x6+TTx6Cu	0.62	32	0.69
SEG1	S	870	350	2x6+TTx6Cu	3.98	32	3.85
SEG2	S	870	350	2x6+TTx6Cu	3.98	32	3.85
INTERIOR	T	377	40	2x2.5+TTx2.5Cu	1.73	13.11	0.56
TOMAS DE FUERZA	RST	9000	30	2x25+TTx16Cu	46.04	54.15	1.01
CONTROL EQUIPOS	RST	4752	600	4x16+TTx16Cu	8.07	39.9	2.29
CONTROL LOGO	R	750	5	2x6+TTx6Cu	3.43	22.8	0.16
EXTRACTOR GASES	R	50	20	4x16+TTx16Cu	0.25	41.61	0.05

Tabla 56: Icc y protecciones C_SAI

Icc y Protección SAI (C_SAI)						
Circuito	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pcci} (kA)	P _{de corte} (kA)	I _{pccf} (kA)	I(A), curva
SUR-HyT-1D S	370	2x10+TTx10Cu	8.4	10	113.03	16;B
SUR-HyT-2D S	370	2x10+TTx10Cu	8.4	10	113.03	16;B
SUR-HyT-1I S	340	2x10+TTx10Cu	8.4	10	122.72	16;B
SUR-HyT-2I S	340	2x10+TTx10Cu	8.4	10	122.72	16;B
NOR-HyT-1D R	340	2x10+TTx10Cu	8.4	10	122.72	16;B
NOR-HyT-2D R	340	2x10+TTx10Cu	8.4	10	122.72	16;B
NOR-HyT-1I R	370	2x10+TTx10Cu	8.4	10	113.03	16;B
NOR-HyT-2I R	370	2x10+TTx10Cu	8.4	10	113.03	16;B
SUR-CO-1D T	360	2x10+TTx10Cu	8.4	10	116.08	16;B
SUR-CO-2D T	360	2x10+TTx10Cu	8.4	10	116.08	16;B

SUR-CO-1I T	340	2x10+TTx10Cu	8.4	10	122.72	16;B
SUR-CO-2I T	340	2x10+TTx10Cu	8.4	10	122.72	16;B
NOR-CO-1D T	360	2x10+TTx10Cu	8.4	10	116.08	16;B
NOR-CO-2D T	360	2x10+TTx10Cu	8.4	10	116.08	16;B
NOR-CO-1I T	340	2x10+TTx10Cu	8.4	10	122.72	16;B
NOR-CO-2I T	340	2x10+TTx10Cu	8.4	10	122.72	16;B
SEG1D R	473	2x10+TTx10Cu	8.54	10	88.95	10;B
SEG1I R	453	2x10+TTx10Cu	8.54	10	92.8	10;B
SEG2D S	303	2x10+TTx10Cu	8.54	10	137.31	10;B,C
SEG2I S	283	2x10+TTx10Cu	8.54	10	146.7	10;B,C
SEG3D T	313	2x10+TTx10Cu	8.54	10	133.06	10;B,C
SEG3I T	293	2x10+TTx10Cu	8.54	10	141.85	10;B,C
SEG4D R	481	2x10+TTx10Cu	8.54	10	87.5	10;B
SEG4I R	461	2x10+TTx10Cu	8.54	10	91.22	10;B
SEG1D R	483	2x10+TTx10Cu	8.54	10	87.15	10;B
SEG1I R	463	2x10+TTx10Cu	8.54	10	90.83	10;B
SEG2D S	313	2x10+TTx10Cu	8.54	10	133.06	10;B,C
SEG2I S	293	2x10+TTx10Cu	8.54	10	141.85	10;B,C
SEG3D T	323	2x10+TTx10Cu	8.54	10	129.06	10;B,C
SEG3I T	303	2x10+TTx10Cu	8.54	10	137.31	10;B,C
SEG4D R	491	2x10+TTx10Cu	8.54	10	85.75	10;B
SEG4I R	471	2x10+TTx10Cu	8.54	10	89.32	10;B
PERM1	350	2x6+TTx6Cu	8.34	10	72.37	10;B
PERM2	350	2x6+TTx6Cu	8.34	10	72.37	10;B
SEG1	350	2x6+TTx6Cu	8.34	10	72.37	10;B
SEG2	350	2x6+TTx6Cu	8.34	10	72.37	10;B
INTERIOR	40	2x2.5+TTx2.5Cu	8.67	10	253.26	10;B,C,D
TOMAS DE FUERZA RST	30	2x25+TTx16Cu	8.67	10	1978.52	47;B,C,D
CONTROL EQUIPOS RST	600	4x16+TTx16Cu	8.67	10	111.66	16;B
CONTROL LOGO R	5	2x6+TTx6Cu	8.67	10	2375.47	16;B,C,D

Tabla 57: Cuadro de Extracción

CUADRO EXTRACCIÓN (C_EXTRACCIÓN)							
Circuito	Fase	Potencia (W)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm.(A)	Caí. Ten (%)
EXTRAC1	RST	18750	15	4x6+TTx6Cu	31.84	40	0.77
EXTRAC2	RST	18750	15	4x6+TTx6Cu	31.84	40	0.77
EXTRAC3	RST	18750	15	4x6+TTx6Cu	31.84	40	0.77
EXTRAC4	RST	18750	15	4x6+TTx6Cu	31.84	40	0.77
EXTRAC5	RST	18750	15	4x6+TTx6Cu	31.84	40	0.77
EXTRAC6	RST	18750	15	4x6+TTx6Cu	31.84	40	0.77
EXTRAC7	RST	18750	25	4x10+TTx10Cu	31.84	40	1.19
EXTRAC8	RST	18750	25	4x6+TTx6Cu	31.84	40	1.19
EXTRAC9	RST	18750	25	4x6+TTx6Cu	31.84	40	1.19
EXTRAC10	RST	18750	25	4x6+TTx6Cu	31.84	40	1.19
EXTRAC11	RST	18750	25	4x6+TTx6Cu	31.84	40	1.19
EXTRAC12	RST	18750	25	4x6+TTx6Cu	31.84	40	1.19

Tabla 58: Icc y protecciones C_EXTRACCIÓN

Icc y Protección (C_EXTRACCIÓN)						
Circuito	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pcci} (kA)	P, de corte (kA)	I _{pccf} (kA)	I(A), curva
EXTRAC1	15	4x6+TTx6Cu	11.2	15	1331.31	32;B,C,D
EXTRAC2	15	4x6+TTx6Cu	11.2	15	1331.31	32;B,C,D
EXTRAC3	15	4x6+TTx6Cu	11.2	15	1331.31	32;B,C,D
EXTRAC4	15	4x6+TTx6Cu	11.2	15	1331.31	32;B,C,D
EXTRAC5	15	4x6+TTx6Cu	11.2	15	1331.31	32;B,C,D
EXTRAC6	15	4x6+TTx6Cu	11.2	15	1331.31	32;B,C,D
EXTRAC7	25	4x6+TTx6Cu	11.2	15	878.52	32;B,C,D
EXTRAC8	25	4x6+TTx6Cu	11.2	15	878.52	32;B,C,D
EXTRAC9	25	4x6+TTx6Cu	11.2	15	878.52	32;B,C,D
EXTRAC10	25	4x6+TTx6Cu	11.2	15	878.52	32;B,C,D
EXTRAC11	25	4x6+TTx6Cu	11.2	15	878.52	32;B,C,D
EXTRAC12	25	4x6+TTx6Cu	11.2	15	878.52	32;B,C,D

Tabla 59: Cuadro de Ventilación

CUADRO EXTRACCIÓN (C_EXTRACCIÓN)							
Circuito	Fase	Potencia (W)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm.(A)	Caí. Ten (%)
VENT1	RST	27500	250	4x16+TTx16Cu	46.7	47.45	6.25
VENT2	RST	27500	250	4x16+TTx16Cu	46.7	47.45	6.25
VENT3	RST	27500	100	4x16+TTx16Cu	46.7	47.45	2.57
VENT4	RST	27500	100	4x16+TTx16Cu	46.7	47.45	2.57
VENT5	RST	27500	100	4x16+TTx16Cu	46.7	47.45	2.57
VENT6	RST	27500	100	4x16+TTx16Cu	46.7	47.45	2.57
VENT7	RST	27500	250	4x16+TTx16Cu	46.7	47.45	6.25
VENT8	RST	27500	250	4x16+TTx16Cu	46.7	47.45	6.25
VENT9	RST	27500	250	4x16+TTx16Cu	46.7	47.45	6.24
VENT10	RST	27500	250	4x16+TTx16Cu	46.7	47.45	6.24
VENT11	RST	27500	100	4x16+TTx16Cu	46.7	47.45	2.56
VENT12	RST	27500	100	4x16+TTx16Cu	46.7	47.45	2.56
VENT13	RST	27500	100	4x16+TTx16Cu	46.7	47.45	2.56
VENT14	RST	27500	100	4x16+TTx16Cu	46.7	47.45	2.56
VENT15	RST	27500	250	4x16+TTx16Cu	46.7	47.45	6.24
VENT16	RST	27500	250	4x16+TTx16Cu	46.7	47.45	6.24

Tabla 60: Icc y protecciones C_VENTILACIÓN

Icc y Protección (C_VENTILACIÓN)						
Circuito	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I _{pcci} (kA)	P _{de corte} (kA)	I _{pccf} (kA)	I(A), curva
VENT1	250	4x16+TTx16Cu	11.61	15	263.24	47;B
VENT2	250	4x16+TTx16Cu	11.61	15	263.24	47;B
VENT3	100	4x16+TTx16Cu	11.61	15	618.79	47;B,C
VENT4	100	4x16+TTx16Cu	11.61	15	618.79	47;B,C
VENT5	100	4x16+TTx16Cu	11.61	15	618.79	47;B,C
VENT6	100	4x16+TTx16Cu	11.61	15	618.79	47;B,C
VENT7	250	4x16+TTx16Cu	11.61	15	263.24	47;B
VENT8	250	4x16+TTx16Cu	11.61	15	263.24	47;B
VENT9	250	4x16+TTx16Cu	11.65	15	263.28	47;B
VENT10	250	4x16+TTx16Cu	11.65	15	263.28	47;B
VENT11	100	4x16+TTx16Cu	11.65	15	619.05	47;B,C
VENT12	100	4x16+TTx16Cu	11.65	15	619.05	47;B,C
VENT13	100	4x16+TTx16Cu	11.65	15	619.05	47;B,C
VENT14	100	4x16+TTx16Cu	11.65	15	619.05	47;B,C
VENT15	250	4x16+TTx16Cu	11.65	15	263.28	47;B
VENT16	250	4x16+TTx16Cu	11.65	15	263.28	47;B

VIII. PLIEGO DE CONDICIONES

A. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

El presente Pliego de Condiciones se refiere únicamente a las actuaciones proyectadas para dotar de suministro eléctrico a “Túnel de Autopista en la A-50 a su paso por el término municipal de Crespos en Ávila.

Las obras e instalaciones a las que se refiere el presente Pliego de Condiciones, son todas las que fuesen necesarias para el total acabado de las relacionadas en el presente Proyecto, así como cuantas modificaciones y aumentos de obra se realicen debidamente autorizadas por la Dirección Facultativa.

a. Normativa a aplicar

Las obras de Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se registrará por lo especificado en:

- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo aprobada por Orden de 9/3/71, del Ministerio de Trabajo.
- Ley 3 1/1.995 de Prevención de Riesgos Laborales del 8 de noviembre.
- Real Decreto 1627/1.997 de 24 de octubre. Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- Cuantos preceptos sobre la Seguridad e Higiene en el Trabajo contengan las Ordenanzas Laborales, Reglamentos y Régimen Interior en vigor.
- Normas Iberdrola (NI) y Manuales Técnicos de Distribución (MT) de la compañía suministradora Iberdrola Distribución Eléctrica, S. A. U
- Ordenanzas Municipales del Ayuntamiento de Crespos.
- Pliego de Condiciones Administrativas y Económicas Particulares, que se establezcan en la contratación y que a criterio de la Dirección Facultativa afecten a aspectos técnicos de la obra.

b. Replanteo de la obra

El replanteo de los trabajos, cuando sea preciso, lo realizará el personal facultado de los Servicios Técnicos de la Eléctrica correspondiente o en su caso, el Contratista, por indicación de dichos Servicios y siguiendo sus instrucciones.

Finalizado el replanteo, el Contratista no podrá modificarlos en ninguno de sus puntos sin el consentimiento previo de los repetidos Servicios Técnicos.

Se levantará por duplicado el Acta, en la que constarán claramente los datos entregados. Firmada por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

c. Características y obligaciones del contratista

Este Pliego de Condiciones se refiere a la construcción de redes aéreas o subterráneas de baja y alta tensión, así como de centros de transformación.

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 de Contratación de Obras.

El contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda de 28 de Marzo de 1.968, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones en caso de que proceda.

1. 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 la responsabilidad que por tales accidentes se ocasionan.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él, a sus empleados y obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil etc., en que uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

2. Seguridad en el trabajo

El contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en este apartado. Así mismo, 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 trabajan 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 herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o, al menos, sin herraje ni clavos en las 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, banqueta aislante, etc., pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado y 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 de Obra podrá exigir al 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.

d. Control de la obra y Libro de órdenes

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y de las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra.

Al amparo de las condiciones siguientes:

1. Datos de la obra

Se entregará al Contratista una copia de los planos de los 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 su costa de la Memoria del Presupuesto y de los Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga copias, los cuales serán devueltos al Director de 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, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

En caso de contradicción entre los planos del Contratista y las instrucciones que reciba del personal de los Servicios Técnicos de la Eléctrica correspondiente prevalecerá lo decidido por ésta.

2. Organización

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando 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 precedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quién corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El contratista deberá informar al Director de Obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le dé éste, en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al Director de Obra, de la admisión de personal, de la compra de materiales, de la adquisición o del alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar.

Para los trabajos de contrato, para la compra de materiales o para el 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 de Obra quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo caso de reconocida urgencia en los que se dará cuenta posteriormente.

3. Subcontratación de 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 adjudicado y podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obras.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- a) Que se de conocimiento, por escrito, al Director de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas.
- b) 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 contratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.

4. 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 de 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.

5. Recepción del material

El Director de Obra, de acuerdo con el Contratista dará por suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

6. Libro de Órdenes

Con objeto de que en todo momento se pueda tener conocimiento exacto de la ejecución e incidencias de la obra, se llevará mientras dure la misma, el Libro de Órdenes, Asistencias e Incidencias que se ajustará a lo presente en el Decreto 11/03/71, en el que se reflejarán las visitas facultativas realizadas por la Dirección de la obra, incidencias surgidas y en general, todos aquellos datos que sirvan para determinar con exactitud si por la Contrata se han cumplido los plazos y fases de ejecución previstas para la realización del proyecto.

Los miembros de la dirección facultativa encargados de la dirección de las obras, irán dejando constancia mediante las oportunas referencias de sus visitas e inspecciones, de las incidencias que surjan en el transcurso de ellas y que obliguen a cualquier modificación en el proyecto, así como de las órdenes que necesite dar al contratista respecto a la ejecución de las obras, las cuales serán de obligado cumplimiento.

Las anotaciones en el Libro de Órdenes, Asistencias e Incidencias harán fe a efectos de determinar las posibles causas de resolución a incidencias del contrato. Sin embargo, cuando el contratista no estuviese conforme, podrá alegar en su descargo todas aquellas razones que abonen su postura, aportando las pruebas que estime pertinentes. El efectuar una orden a través del correspondiente asiento en este Libro, no será obstáculo para que cuando la dirección facultativa lo juzgue conveniente, se efectúe la misma también por oficio. Dicha orden se reflejará también en el Libro de Órdenes.

Se dispondrá en esta obra de un libro de órdenes en el que se registrarán todas las incidencias surgidas durante la ejecución de la obra incluyendo cada visita o revisión.

e. Aceptaciones parciales y certificaciones periódicas

La Aceptación y la Certificación periódica de las Obras que se realizarán mensualmente, deberán ser suscritas por la Contrata y por el Inspector correspondiente.

En la Aceptación y Certificación figurará, junto a las mediciones, la relación de materiales aportados directamente por el Contratista.

f. Recepción de la instalación

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 de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados si éste es el caso. Dicha Acta será firmada por el director de Obra y por 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.

Expirando dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento.

Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista.

La forma de recepción se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas correspondientes.

g. Plazo 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 a terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

B. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

a. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de media tensión

1. Objeto

En este Pliego de Condiciones se resumen las Normas por las que ha de regirse la "Contrata" para el tendido de los cables subterráneos de media tensión que por tal sistema construya.

En este documento, la Contrata e Iberdrola, se denominarán por los anagramas "CT" e "ID", respectivamente.

2. Normas de carácter general

Habiendo ID normalizado, tanto sus instalaciones como los materiales a emplear en ellas todos los trabajos que se lleven a cabo mediante CT se ajustarán a las Normas de ID.

Los materiales necesarios para la obra civil del tendido y que se detallan en el apartado 3º, serán suministrados por la CT.

La CT empleará, para la ejecución de dicha obra civil y tendido de cable, herramientas de su propiedad, así como será de su cuenta la colocación de señalizaciones defensas, luces, etc., exigidas por los Organismos Públicos.

En los tendidos de alta tensión, el cable será aportado y situado a pie de obra por ID en un remolque especial para cables.

3. Normas de carácter técnico

El tendido de una línea subterránea se desglosa en siete operaciones:

1º Replanteo de la zanja y canalizaciones:

Con anterioridad al comienzo de las obras, la CT se pondrá de acuerdo con el Servicio Técnico de ID para replantear el tendido de la línea.

2º Canalización de pasos en calzada. lonjas, etc.:

En ciertos tramos, el cable se tenderá por canalizaciones construidas con canaletas de albañilería, rematados después del tendido.

En las canalizaciones con tubo, éste será de PVC de 160 mm. de diámetro interior. Se colocarán emboquillados en cama de arena. Se cubrirán con hormigón de 300 kg. en una capa de 0.20 m. y el resto con hormigón ciclópeo.

Las dimensiones de la zanja se fijarán en cada caso por ID.

3º Apertura de zanjas:

En las canalizaciones con tubo, éste será de PVC de 160 mm. de diámetro interior. Se colocarán emboquillados en cama de arena. Se cubrirán con hormigón de 300 kg.. en una capa de 0.20 m. y el resto con hormigón ciclópeo.

Las dimensiones de la zanja se fijarán en cada caso por ID.

4º Tendido de cable:

En el tendido del cable de alta tensión se efectuará sobre rodillos giratorios, colocados cada 3 m. o en su caso, la distancia fijada por el personal autorizado de ID.

En las curvas se colocarán tres rodillos, dos en los puntos tangenciales y otro en el centro de la curva.

El arrastre del cable será manual, acoplando en el extremo del cable una cremallera a la que se ajustará el elemento de tiro.

En el manejo del cable, no se permitirá que formen curvas de radio menor a quince veces el diámetro del mismo.

5° Cierre de zanjas:

Una vez efectuado el tendido del cable. éste se cubrirá con una capa de arena de 10 cm. De espesor sobre la que se colocarán ladrillos a tope o placas de señalización.

En el cierre de la zanja no se emplearán piedras o cascotes de tamaño superior a 5 cm. y se hará en tongadas de 0.10 m. debidamente apisonadas de forma que permita la inmediata reposición del pavimento sin sufrir posteriores hundimientos.

En la primera tongada se empleará exclusivamente tierra.

6° Reposición de pavimento:

El pavimento se dejará en las mismas condiciones que se encontraba a la apertura de zanjas.

7° Varios:

La CT se ajustará a las condiciones especiales que puedan presentarse en cada caso y que se especificarán en la oferta de contrata.

En las canalizaciones o tubos de entrada en centro de transformación. etc., las bocas de los mismos, tanto las ocupadas por los cables que se tiendan, como las de los que queden libres, se taponarán los primeros según las instrucciones de ID y los segundos con cal hidráulica.

4. Normas de carácter general

La CT no podrá exigir daños y perjuicios.

5. Formas de presentación de las obras

1º Los metros lineales del tendido, desglosados según tipo de terreno y canalización, así como el precio por metro lineal en cada caso.

2º Características y precios de las arquetas y otras obras que se precisen.

3º Se indicará fecha de comienzo de obras y plazo de ejecución de las mismas.

6. Acondicionamiento para colocación del C.T y C.S.

Se efectuará la excavación con arreglo a las dimensiones y características del centro y hasta la cota necesaria indicada en el Proyecto.

Una vez realizada la excavación se extenderá una capa de arena de 10 cm de espesor aproximadamente, procediéndose a continuación a su nivelación y compactación.

19. Apertura y acondicionamiento de zanjas

Para la apertura y acondicionamiento de zanjas de M.T. y B.T. se seguirá lo indicado en el Proyecto, así como en los:

- MT 2.31.01 Proyecto Tipo de Línea Subterránea de A.T. hasta 30 kV
- MT 2.51.01 Proyecto Tipo de Línea Subterránea de B.T.

20. Centro de Transformación y Centro de Seccionamiento

Materiales

Todo el material se ajustará a lo descrito en el resto de documentos del Proyecto y a las NI y MT de Iberdrola. No deberán presentar deterioro ni defecto alguno que disminuya la función que tengan que desarrollar.

Para su recepción, verificación y/o ensayo se seguirá lo indicado en las citadas NI y MT.

Ejecución

Recepción y colocación del prefabricado

Se realizará el transporte, la carga y descarga de los elementos constitutivos del edificio prefabricado, sin que éstos sufran ningún daño en su estructura. Para ello deberán usarse los medios de fijación previstos por el fabricante para su traslado y ubicación, así como las recomendaciones para su montaje.

Se deberán tener accesos previstos para un camión de 20 TM.

De acuerdo con la Recomendación UNESA 1303-A, el edificio prefabricado 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, excepto las piezas que, insertadas en el hormigón, estén destinadas a la manipulación de las paredes y de la cubierta, siempre que estén situadas en las partes superiores de éstas.

Cada pieza de las que constituyen el edificio deberán disponer de dos puntos metálicos, lo más separados entre sí, y fácilmente accesibles, para poder comprobar la continuidad eléctrica de la armadura. La continuidad eléctrica podrá conseguirse mediante los elementos mecánicos del ensamblaje.

Acometida subterránea en M.T.

Los cables de alimentación subterránea entrarán en el centro, alcanzando la celda que corresponda, por un canal o tubo. Después de colocados los cables se obstruirá el orificio de paso por un tapón al que, para evitar la entrada de roedores, se incorporarán materiales duros que no dañen el cable.

Conexión de los conductores a las celdas

Acorde a las indicaciones del fabricante de las celdas y al MT 2.11.01

Conexión de las celdas al trafo

Acorde a las indicaciones del fabricante de las celdas y al MT 2.11.01

Conexión del transformador al cuadro de B.T.

Acorde a las indicaciones del fabricante de las celdas y al MT 2.11.01

Ejecución de las 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 CT.
- 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 50mm².
- Cuando la alimentación a un centro se efectúe por medio de cables subterráneos provistos de cubiertas metálicas, se asegurará la continuidad de éstas por medio de un conductor de cobre lo más corto posible, de sección no inferior a 50 mm². La cubierta metálica se unirá al circuito de puesta a tierra de las masas.

Pruebas, ensayos y verificaciones

Una vez ejecutada la instalación se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

Se comprobará por parte de la Dirección de Obra que 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.

Además, 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.

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.

Separación del 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.

b. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de baja tensión

1. Objeto y campo de aplicación

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de instalación de redes subterráneas de Baja Tensión.

Este Pliego de condiciones se refiere al suministro e instalación de los materiales necesarios en el montaje de dichas líneas subterráneas de Baja Tensión.

Los Pliegos de Condiciones Particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

2. Ejecución del trabajo

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

Trazado

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajo las aceras o calzadas, evitando ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales, ya que esta circunstancia permite un acceso fácil al cable, en caso de trabajos posteriores o de localización de defectos.

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se contendrá el terreno. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previo.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc. así como las chapas de hierro que vayan a colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección de conductor, siendo este radio mínimo 10 veces el diámetro exterior del cable.

Apertura de zanjas

La excavación la realizará una empresa especializada, que trabaje con los planos de trazado suministrados por la Compañía.

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad escogida de 0,8 m, colocándose entibaciones en los casos que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

Se procurará dejar un paso de 50 cm entre la zanja y las tierras extraídas, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja. La tierra excavada y el pavimento, deben depositarse 'por separado. La planta de la zanja debe limpiarse de piedras agudas, que podrían dañar las cubiertas exteriores de los cables. Se deben tomar todas las precauciones presidas para no tapar con tierras registros de gas, teléfonos, bocas de riego, alcantarillas, etc.

Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública se dejarán pasos suficientes para vehículos y peatones, así como los accesos a los edificios, comercios y garajes. Si es necesario interrumpir la circulación se precisará una autorización especial.

Para reducir el coste de reposición del pavimento en lo posible, la zanja se puede excavar con intervalos de 2 a 3m alternados, y entre cada dos intervalos de zanja se práctica una mina o galería por la que se pase el cable las dimensiones de las zanjas serán, por lo general de 0,8 m de profundidad y 50 cm de anchura.

Si deben abrir las zanjas en terreno de relleno o de poca consistencia debe recurrirse al entibado en previsión de desmontes.

El fondo de la zanja, establecida su profundidad. es necesario que esté en terreno firme para evitar corrimientos en profundidad que sometan a los cables a esfuerzo por estiramientos.

Cuando en una zanja coincidan cables de distintas tensiones se situarán en bandas horizontales a distinto nivel de forma que en cada banda se agrupen cables de igual tensión.

En el caso de que ninguna de las ternas vaya entubada. la separación entre dos bandas de cables será como mínimo de 25 cm.

La separación entre dos cables multipolares o grupos de cables unipolares dentro de una mismabanda será como mínimo de 20 cm. Si no fuera posible conseguir esta distancia se instalará bajo tubo.

La profundidad de las respectivas bandas de cables dependerá de las tensiones, de forma que la mayor profundidad corresponda a la mayor tensión.

Canalización

Los cruces de vías públicas o privadas se realizarán con tubos ajustándose a las siguientes Condiciones:

- a) Se colocará en posición horizontal y recta y estarán hormigonados en toda su longitud.
- b) Deberá preverse para futuras ampliaciones un tubo de reserva.
- c) Los extremos de los tubos en los cruces llegarán hasta los bordillos de las aceras, debiendo construirse en los extremos un tabique para su fijación.
- d) En las salidas el cable se situará en la parte superior del tubo cerrando los orificios con yeso.
- e) Siempre que la profundidad de zafia bajo calzada sea inferior a 80 cm, se utilizarán chapas o tubos de hierro u otros dispositivos que aseguren una resistencia mecánica equivalente, teniendo en cuenta que en este caso dentro del mismo tubo deberán colocarse siempre las tres fases.
- f) Los cruces de vías férreas, curso de aguas, etc. deberán proyectarse con todo detalle.

Se debe evitar posible acumulación de agua o gas a lo largo de la canalización situando convenientemente pozos de escape en relación al perfil altimétrico.

Cables entubados

Por lo general deberá emplearse en lo posible este tipo de canalización, utilizándose principalmente en:

- Canalización por calzada, cruces de vía pública, privada o paso de carruajes.
- Cruzamientos, paralelismo y casos especiales, cuando los reglamentos oficiales, ordenanzas vigentes o acuerdos con otras empresas lo exijan.
- Sectores urbanos donde existan dificultades para la apertura de zanjas de la longitud necesaria para permitir el tendido del cable a cielo abierto.

En los cruces con el resto de los servicios habituales en el subsuelo se guardará una prudencial distancia frente a futuras intervenciones, y cuando puedan existir ingerencias de servicio, como es el caso de otros cables eléctricos, conducciones de aguas residuales por el peligro de filtraciones, etc. es conveniente la colocación para el cruzamiento de un tramo de tubular de 2 m.

Los tubos serán de polietileno (PE) de alta densidad de color rojo y 160 mm de diámetro. Esta canalización irá acompañada de los correspondientes tubos verdes de 110 mm de diámetro para alojar los cables de comunicaciones, los cuales estarán situados por encima de los anteriores.

En los cruzamientos los tubos estarán hormigonados en todo su recorrido y las uniones llevadas a cabo mediante los correspondientes manguitos.

Para hacer frente a los movimientos derivados de los ciclos térmicos de cables, es conveniente inmovilizarlo dentro de los tubos mediante la inyección de unas mezclas o aglomerados especiales que, cumpliendo esta misión, puedan eliminarse. en caso necesario, con chorro de agua ligera a presión.

No es recomendable que el hormigón del bloqueo llegue hasta el pavimento de rodadura, pues se facilita la transmisión de vibraciones. En este caso debe intercalarse entre uno y otro una capa de tierra con las tongadas necesarias para conseguir un próctor del 95%.

Al construir la canalización con tubos de dejará una guía en su interior que facilite posteriormente el tendido de los mismos.

Condiciones generales para cruces

La zafia tendrá una anchura mínima de 0.35 m, para la colocación de dos tubos de 160 mm, aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar.

Los tubos podrán ir colocados en uno, dos o tres planos. En los planos 7 y 8 y en las tablas del anexo, se dan varios tipos de disposición de tubos y a título orientativo, valores de las dimensiones de la zanja.

La profundidad de la zanja dependerá del número de tubos, pero será la suficiente para que los situados en el plano superior queden a una profundidad mínima de 0,70 m. tomada desde la rasante del terreno a la parte inferior del tubo.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de 0.05 m de espesor de hormigón H 125, sobre la que se depositarán los tubos dispuestos por planos. A continuación, se colocará otra capa de hormigón H 125 con un espesor de 0,1 0 m por encima de los tubos y envolviéndolos completamente.

Y por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre el espesor del firme y pavimento, para este relleno se utilizará hormigón H 125. en las canalizaciones que no lo exijan las Ordenanzas Municipales la zona de relleno será de todo-uno o zahorra.

Después se colocará un firme de hormigón de H125 de unos 0,30 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (cruces de ferrocarriles, carreteras con gran densidad de circulación, etc.), pueden utilizarse máquinas perforadoras “topos de tipo impacto. hincadora de tuberías o taladradora de barrena, en estos casos se prescindirá del diseño de zanja descrito anteriormente puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considere más adecuado. Su instalación precisa zonas amplias despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar para la ubicación de la

maquinaria, por lo que no debemos considerar este método como aplicable de forma habitual, dada su complejidad.

Arquetas

Cuando se construyan arquetas, en los cambios de dirección sus dimensiones serán las necesarias para que el radio de curvatura de tendido sea como mínimo 20 veces el diámetro exterior del cable.

No se admitirán ángulos inferiores a 90º y aún éstos se limitarán a los indispensables. En general los cambios de dirección se harán con ángulos grandes.

En la arqueta los tubos quedarán a unos 10 cm por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Una vez tendido el cable los tubos se taponarán con yeso de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo.

La arqueta se rellenará con arena hasta cubrir el cable como mínimo. En el suelo o las paredes laterales se situarán puntos de apoyo de los cables y empalmes, mediante tacos o ménsulas.

Las situaciones serán registrables y, deberán tener tapas metálicas o de hormigón armado provistas de argollas o ganchos que faciliten su apertura. El fondo de estas arquetas será permeable de forma que permita la filtración del agua de lluvia.

Estas arquetas permitirán la presencia de personal para ayuda y observación del tendido y la colocación de rodillos a la entrada y salida de los tubos. Estos rodillos, se colocarán tan elevados respecto al tubo, como lo permite el diámetro del cable, a fin de evitar al máximo el rozamiento contra él.

Las arquetas abiertas tienen que respetar las medidas de seguridad, disponiendo barreras y letreros de aviso. No es recomendable entrar en una arqueta recién abierta aconsejándose dejar transcurrir 15 minutos después de abierta, con el fin de evitar posibles intoxicaciones de gases.

Paralelismo

-Alta tensión

Los cables de Baja tensión se podrán colocar paralelos a cables de Alta tensión siempre que entre ellos haya una distancia no inferior a 25 cm. Cuando no sea posible conseguir esta distancia, se instalará uno de ellos bajo tubo.

-Baja tensión

La distancia a respetar en el caso de paralelismo de líneas subterráneas de Baja tensión es 25 cm.

Si no fuese posible conseguir esta distancia, se colocará una de ellas bajo tubo.

-Cables de telecomunicación

En el caso de paralelismo entre líneas eléctricas subterráneas y líneas de telecomunicación subterráneas, estos cables deben estar a la mayor distancia posible entre sí. Siempre que los cables, tanto de telecomunicación como eléctricos, vayan directamente enterrados, la mínima distancia será de 20 cm. Cuando esta distancia no

pueda alcanzarse. deberá instalarse la línea de alta tensión en el interior de tubos con una resistencia mecánica apropiada.

En todo caso, en paralelismo con cables de telecomunicación, deberá tenerse en cuenta lo especificado por los correspondientes acuerdos con las compañías de telecomunicaciones.

En el caso de un paralelismo de longitud superior a 500 m, bien los cables de telecomunicación o los de energía eléctrica, deberán llevar pantalla electromagnética.

-Agua, etc

En el paralelismo entre cables de energía y conducciones metálicas enterradas se debe de mantener en todo caso una distancia mínima en proyección horizontal de 0,20 m. Si no se pudiera conseguir esta distancia, se instalarán los cables dentro de tubos de resistencia mecánica apropiada.

Siempre que sea posible, en las instalaciones nuevas la distancia en proyección horizontal entre cables de energía y conducciones metálicas enterradas colocadas paralelamente entre sí no debe ser inferior a:

- a) 3 m en el caso de conducciones a presión máxima igual o superior a 25 atm; dicho mínimo se reduce a 1 m en el caso en que el tramo de paralelismo sea inferior a 100 m.
- b) 1 m en el caso de conducciones a presión máxima inferior a 25 atm.

-Alcantarillado

En los paralelismo de los cables con conducciones de alcantarillado, se mantendrá una distancia mínima de 50 cm, protegiéndose adecuadamente los cables cuando no pueda conseguirse esta distancia.

-"Fundaciones" de otros servicios

Cuando en las proximidades de la canalización existan soportes de líneas aéreas de transporte público, telecomunicación, alumbrado público, etc, el cable se instalará a una distancia de 50 cm como mínimo de los bordes externos de los soportes o de las fundaciones. Esta distancia será de 150 cm en el caso en el que soporte esté sometido a un esfuerzo de vuelco permanente hacia la zafia.

Cuando esta precaución no se pueda tomar, se empleará una protección mecánica resistente a lo largo del soporte y de su fundación prolongando una longitud de 50 cm a ambos lados de los bordes extremos de ésta.

Cruzamientos con vías de Comunicación

-Con vías públicas

En los cruzamientos con calles y carreteras los cables deberán ir entubados a una profundidad mínima de 80 cm.

Los tubos o conductos serán resistentes, duraderos, estarán hormigonados en todo su recorrido y tendrán un diámetro que permita deslizar los cables por su interior fácilmente.

En todo caso deberá tenerse en cuenta lo especificado por las normas y ordenanzas vigentes correspondientes.

Cruzamientos con otros servicios

-Alta Tensión

En el caso de cruzamiento entre dos líneas eléctricas subterráneas directamente enterradas la distancia mínima a respetar será de 0,25 cm. En caso de no poder conseguir esta distancia, se separarán los cables de Baja Tensión de los de Alta Tensión por medio de tubos incombustibles de adecuados resistencia.

-Baja Tensión

La distancia a respetar entre líneas subterráneas de Baja Tensión es 25 cm. Si no fuese posible conseguir esta distancia, las nuevas líneas mediante tubos incombustibles de adecuada resistencia.

-Con cables de telecomunicación

En los cruzamientos con cables de telecomunicación, los cables de energía eléctrica se colocarán en tubos o conductos de resistencia mecánica apropiada a una distancia mínima de la canalización de telecomunicación de 20 cm. En todo caso, cuando el cruzamiento sea con cables telefónicos deberá tenerse en cuenta lo especificado por el correspondiente acuerdo con la empresa de telecomunicación.

-Agua, etc.

El cruzamiento entre cables de energía y conducciones metálicas enterradas no debe efectuarse sobre la proyección vertical de las uniones no soldadas de la misma conducción metálica.

La distancia mínima entre la generatriz del cable de energía y la de la conducción metálica no debe ser inferior a 0.20 m. En caso de no conseguirse la citada distancia, deberá instalarse el cable de baja tensión en tubos de adecuada resistencia.

-Alcantarillado

En los cruzamientos de cables eléctricos con conducciones de alcantarillado deberá evitarse el ataque de la bóveda de la conducción.

Transporte de bobinas de cables

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina.

Las bobinas de cable se transportarán siempre de pie y nunca tumbadas sobre una de las tapas.

Cuando las bobinas se colocan llenas en cualquier tipo de transportador. éstas deberán quedar en línea, en contacto una y otra y bloqueadas firmemente en los extremos y a lo largo de sus tapas.

El bloqueo de las bobinas se debe hacer con tacos de madera lo suficientemente largos y duros con total de largo que cubra totalmente el ancho de la bobina y quedan apoyarse los perfiles de las dos tapas, Las caras del taco tiene que ser uniformes para que las duelas no se puedan romper dañando entonces el cable.

En sustitución de estos tacos también se pueden emplear unas cuñas de madera que se colocarán en el perfil de cada tapa y por ambos lados se clavarán al piso de la plataforma para su inmovilidad. Estas cuñas nunca se pondrán sobre la parte central de las duelas, sino en los extremos, para que apoyen sobre los perfiles de las tapas.

Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado; asimismo no se podrán dejar caer la bobina al suelo desde un camión o remolque. En caso de no disponer de elementos de suspensión, se montará una rampa provisional formada por tabloncillos de madera o vigas, con una inclinación no superior a 1/4. Debe guiarse la bobina con cables de retención. Es aconsejable acumular arena a una altura de 20 cm al final del recorrido, para que actúe como freno.

Cuando se desplace la bobina por tierra rodándola, habrá que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

Cuando las bobinas deban trasladarse girándolas sobre el terreno, debe hacerse todo lo posible para evitar que las bobinas queden o rueden sobre un suelo u otra superficie que sea accidentada.

Esta operación será aceptable únicamente para pequeños recorridos.

En cualquiera de estas maniobras debe cuidarse la integridad de las duelas de madera con que se tapan las bobinas, ya que las roturas suelen producir astillas que se introducen hacia el interior con el consiguiente peligro para el cable.

Siempre que sea posible debe evitarse la colocación de bobinas de cables a la intemperie sobre todo si el tiempo de almacenamiento ha de ser prolongado. pues pueden presentarse deterioros considerables en la madera (especialmente en las tapas, que causarían importantes problemas al transportarlas, elevarlas y girarlas durante el tendido).

Cuando deba almacenarse una bobina de la que se ha utilizado una parte del cable que contenía, han de taponarse los extremos de los cables, utilizando capuchones retráctiles.

Antes de empezar el tendido del cable se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el tendido. En el caso de suelo con pendiente es preferible el tendido en sentido descendente.

Tendido de cables

La bobina de cable se colocará en lugar elegido de forma que la salida del cable se efectúe por su parte superior y emplazada de tal forma que el cable no quede forzado al tomar la alimentación del tendido.

Para el tendido la bobina estará siempre elevada y sujeta por gatos mecánicos y una barra, de dimensiones y resistencia apropiada al peso de la bobina.

La base de los gatos será suficientemente amplia para que garantice la estabilidad de la bobina durante su rotación.

Al retirar las duelas de protección se cuidará hacerlo de forma que ni ellas, ni el elemento empleado para enclavar, puedan dañar el cable.

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido. Y un radio de curvatura una vez instalado de 10 veces el diámetro exterior del cable.

Cuando los cables se tiendan a mano los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

También se puede tender mediante cabrestantes tirando extremos del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tracción.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable.

Estos rodillos permitirán un fácil rodamiento con el fin de limitar el esfuerzo de tiro; dispondrán de una base apropiada que, con o sin anclaje, impida que se vuelquen. y una garganta por la que discurra el cable para evitar su salida o caída.

Se distanciarán entre sí de acuerdo con las características del cable peso y rigidez mecánica principalmente, de forma que no permitan un vano pronunciado del cable entre rodillos contiguos, que daría lugar a ondulaciones perjudiciales. Esta colocación será especialmente estudiada en los puntos del recorrido en que haya cambios de dirección donde además de los rodillos que facilitan el deslizamiento deben disponerse de la zanja en el cambio de sentido.

Siendo la cifra mínima recomendada de un rodillo recto cada 5 m y tres rodillos de ángulo por cada cambio de dirección.

Para evitar el roce del cable contra el suelo, a la salida de la bobina, es recomendable la colocación de un rodillo de mayor anchura para abarcar las distintas posiciones que adopta el cable.

No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas u otros útiles; deberá hacerse siempre a mano.

Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de zafia siempre bajo vigilancia del Director de Obra.

Para la guía del extremo del cable a lo largo del recorrido y con el fin de salvar más fácilmente los diversos obstáculos que se encuentren (cruces de alcantarillas, conducciones de agua, gas, electricidad, etc.) y para el enhebrado en los tubos, en conducciones tubulares se puede colocar en esa extremidad una magna tiracables a la que se una cuerda. Es totalmente desaconsejable situar más de dos a cinco peones tirando de dicha cuerda, según el peso de cable, ya que un excesivo esfuerzo ejercido sobre los elementos externos del cable produce en él deslizamientos y deformidades. Si por cualquier circunstancia se precisara ejercer un esfuerzo de tiro mayor, este se aplicará sobre los propios conductores usando preferentemente cabezas de tiro estudiadas para ellos.

Para evitar que en las distintas paradas que puedan producirse en el tendido, la bobina siga girando por inercia y desenrollándose cable que no circula, es conveniente dotarla de un freno, por improvisado que sea, para evitar en este momento curvaturas peligrosas para el cable.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento. El cable debido a la rigidez que toma el aislamiento. El cable puede calentarse antes de su tendido almacenando las bobinas durante varios días en un local caliente o se exponen a los efectos de elementos calefactores o corrientes de aire caliente situados a una distancia adecuada. Las bobinas ha de girarse a cortos intervalos de tiempo, Durante el precalentamiento. El cable ha de calentarse también en la zona interior del núcleo. Durante el transporte se debe usar una lona para cubrir el cable. El trabajo del tendido se ha de planear cuidadosamente y llevar a cabo con rapidez, para que el cable no se vuelva a enfriar demasiado.

El cable se puede tener desde el vehículo en marcha cuando hay obstáculos en la zanja o en las inmediaciones de ella.

La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta con una capa de arena fina de unos 10 cm en el fondo antes de proceder al tendido del cable. En el caso de instalación entubada, esta distancia podrá reducirse a 5 cm.

No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta haber tornado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 20 cm de arena fina y la protección de PVC.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos.

Cuando dos cables que se canalicen vayan a ser empalmados se solaparán al menos una longitud de 0,50 m.

Las zanjas se recorrerán con detenimiento antes de tender el cable para comprobar que se encuentran sin piedras y otros elementos que puedan dañar los cables en su tendido.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios; se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban primitivamente

Si involuntariamente se causará alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al Director de Obra y a la Empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra por parte del Contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos, así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeables, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso se deberá entubar la canalización asegurada con cemento en el tramo afectado.

En el caso de canalizaciones con cables unipolares cada dos metros envolviendo las tres fases, se colocará una sujeción que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos.

Nunca se pasarán dos circuitos, bien cables tripolares o bien cables unipolares, por un mismo tubo.

Una vez tendido el cable los tubos se taparán de forma que el cable quede en la parte superior del tubo.

Protección mecánica

Las líneas eléctricas subterráneas deben estar protegidas contra posibles averías producidas por hundimiento de tierras, por contacto con cuerpos duros y por choque de herramientas metálicas.

Para ello se colocará una placa de PVC RU 0206 A a lo largo de la longitud de la canalización, cuando esta no esté entubada.

Señalización

Todo cable o conjunto de cables debe estar señalado por una cinta de atención de acuerdo con la Recomendación UNESA colocada como mínimo a 0.20 m por encima de la placa.

Cuando los cables o conjuntos de cables de categorías de tensión diferente estén superpuesto, debe colocarse dicha cinta encima de cada uno de ellos.

Identificación

Los cables deberán llevar marcas que indiquen el nombre del fabricante, el año de fabricación y sus características.

Cierre de zanjas

Una vez colocadas al cable las protecciones señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con el tipo de tierra y en las tongadas necesarias para conseguir una protección del 95%.

Procurando que las primeras capas de tierra por encima de los elementos de protección estén exentas de piedras o cascotes, para continuar posteriormente sin tanta escrupulosidad. De cualquier forma, debe tenerse en cuenta que una abundancia de pequeñas piedras o cascote puede elevar la resistividad térmica del terreno y disminuir con él la posibilidad de transporte de energía del cable.

El cierre de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas si fuese necesario con el fin de que puede suficientemente consolidado el terreno.

El Contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tenga que ejecutarse.

La carga y transporte a vertederos de las tierras sobrantes está incluida en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

Reposición de pavimentos

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de los mismos.

Deberá lograrse una homogeneidad de forma que quede el pavimento nuevo lo más igualado posible al antigua, haciendo su reconstrucción por piezas nuevas si está compuesto por losetas, baldosas, etc.

En general se utilizarán materiales nuevos salvo las losas de piedra, adoquines, bordillos de granito y otros similares.

Montajes diversos

La instalación de herrajes cajas térmicas y de empalme, etc. deben realizarse siguiendo las instrucciones y normas del fabricante.

Puesta a tierra

El conducto neutro se conectará a tierra en el Centro de Transformación, así como en otros puntos de la red, de un modo eficaz, de acuerdo con el Proyecto Electrotécnico para Baja Tensión y el Reglamento Técnico de Instalaciones de Alta Tensión.

3. Materiales

Los materiales empleados en la canalización serán aportados por el Contratista siempre que no se especifique lo contrario en Pliego de Condiciones Particulares.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el Director de Obra.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el Director de Obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

Los cables instalados serán los que figuran en el Proyecto y deberán estar de acuerdo con las Recomendaciones UNESA y las Normas UNE correspondientes.

Conductores

Serán los que figuran en el Proyecto y deberán estar de acuerdo a normativa.

4. Recepción de obra

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de 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.

Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la resistencia de la toma de tierra y las pruebas aislamientos pertinentes.

El Director de Obra contestará por escrito al Contratista, comunicando su conformidad a las pruebas de aislamiento pertinentes.

c. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de ventilación y extracción

Según el RD 635/2006 establece necesidad de ventilación para todos los túneles de más de 500 m y para los urbanos con longitud entre 200 y 500 m con su correspondiente sistema automático de control. Debe analizarse control de contaminantes en situación normal de tráfico y congestionado, así como el control de calor y humo en caso de incendio.

Se establece un incendio tipo de 30 MW y caudal de humos de 120 m³/s.

Se restringe la ventilación longitudinal en túneles bidireccionales o con posibilidad de congestión, salvo reducción de distancias de evacuación, gestión de tráfico y extracción intermedias de humos.

Para los sistemas de ventilación semitransversal o transversal debe poder controlarse la velocidad longitudinal del aire.

Se dispondrán sistemas que eviten la propagación de humo y calor a las salidas de emergencia.

Tipos de ventilación:

- Longitudinal
- Longitudinal con extracciones masivas
- Semitransversal-pseudotransversal
- Transversal
- Ventilación con pozos

Materiales:

Todos los materiales se ajustarán a lo descrito en el resto de documentos del Proyecto y a las NI y normas de ventilación descritas en el RD 635/2006. No deberán presentar deterioro ni defecto alguno que disminuya la función que tengan que desarrollar.

Las partes metálicas accesibles de los ventiladores que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con ventiladores (motores), la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,25 veces la potencia en vatios de los motores debido al aumento de consumo en el arranque.

En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a los ventiladores y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

Para su recepción, verificación y/o ensayo se seguirá lo indicado en las citadas normas.

d. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de alumbrado interior

1. *Condiciones generales*

1.1. Objeto

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto estructurar la organización general de la obra, fijar las características de los materiales a emplear, establecer las condiciones que se han de cumplir en el proceso de ejecución de las obras y, por último, describir el modo y manera en que se han de realizar las mediciones y abonos de las unidades de obra.

1.2. Reglamentación

Normas generales de aplicación

Junto a este Pliego de Condiciones Técnicas, y por su carácter general, se consideran vigentes y de aplicación: Ley 30/2007, de 30 de octubre, de Contratos del Sector Público.

Disposiciones de carácter particular

Además de las disposiciones generales citadas, serán de aplicación las normas e instrucciones detalladas en la MEMORIA. Se entiende que dichas normas complementan el presente Pliego, incluso en lo referente a aquellos materiales y unidades de obra no mencionados especialmente, y quedando a juicio del Director de Obra dirimir las posibles contradicciones habidas entre ellas.

Cuando en alguna disposición se haga referencia a otra que haya sido modificada o derogada, se entenderá que dicha modificación o derogación se extiende a aquella parte de la primera que haya quedado afectada.

1.3. Documentos que definen las obras

Documentos contractuales

Los documentos contractuales en los que se definen las obras objeto de este proyecto, son: PLANOS, PRESUPUESTO y este PLIEGO DE CONDICIONES.

Documentos informativos

Son documentos informativos y, en consecuencia, deben aceptarse tan sólo como complementos de la información que el Contratista debe adquirir directamente y con sus propios medios, todos los que se incluyen habitualmente en la memoria de los proyectos.

Contradicciones, omisiones o errores en la documentación

Lo mencionado en el Pliego y omitido en los Planos o viceversa, deberá ser ejecutado como si estuviese contenido en ambos documentos. En caso de contradicción entre los Planos y el Pliego, prevalecerá lo prescrito en éste último.

Las omisiones en Planos y Pliego o las descripciones erróneas de detalles de la obra, que sean manifiestamente indispensables para llevar a cabo el espíritu o la intención expuestos en los planos y Pliego o que por uso y costumbre deban ser realizados, no sólo no eximen al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos, sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si hubiesen sido completa y correctamente especificados.

Confrontación de planos y medidas

El Contratista deberá confrontar todos los planos que figuren en el Proyecto, informando en el plazo de 15 días a la Dirección de Obra de cualquier contradicción que encontrara; de no hacerlo así, será responsable de cualquier error que pudiera producirse por esta causa.

Las cotas en los planos serán preferentes a las medidas a escala, y en cuanto a elementos que figuren en varios planos, serán preferentes los de mayor escala.

El Contratista deberá ejecutar por su cuenta todos los dibujos y planos de detalle necesarios para facilitar y organizar la ejecución de los trabajos. Dichos planos, acompañados con todas las justificaciones correspondientes, deberá someterlos a la aprobación de la Dirección de Obra a medida que sean necesarios, pero en todo caso, con la antelación suficiente a la fecha en que se piense ejecutar los trabajos a que dichos diseños se refieran.

La Dirección de Obra dispondrá de un plazo de 7 días a partir de la recepción de dichos planos para examinarlos y devolverlos al Contratista debidamente aprobados y acompañados, si hubiere lugar a ello, de sus observaciones.

Una vez aprobadas las correcciones correspondientes, el Contratista deberá disponer en la obra de una colección completa de planos actualizados.

El Contratista será responsable de los retrasos que se produzcan en la ejecución de los trabajos como consecuencia de una entrega tardía de dichos planos, así como de las correcciones y complementos de estudio necesarios para su puesta a punto.

1.4. Organización y representación

Representante de la administración

La Administración estará representada en la Dirección de Obra o sus agentes delegados, que tendrá autoridad ejecutiva a través del Libro de Órdenes.

La Administración designará al técnico que ha de dirigir e inspeccionar las obras, así como el resto del personal adscrito a la Dirección de Obra.

Las órdenes de la Dirección de Obra deberán ser aceptadas por el Contratista como emanadas directamente de la Administración, pudiendo exigir por su parte, que le sean dadas por escrito y firmadas. Cualquier orden que se comunique por escrito al Contratista lo será por duplicado, debiendo éste devolver un ejemplar firmado en él, el correspondiente “ENTERADO”

Representación del Contratista

El Contratista estará representando permanentemente en obra, por personas con poder bastante para disponer sobre cuestiones relativas a la misma, tanto técnicas como económicas, de forma que ninguna operación pueda retardarse o suspenderse innecesariamente.

Asimismo, antes de que se inicien las obras, comunicará por escrito el nombre de la persona que haya de estar por su parte al frente de las obras para representarle como Jefe

de Obra, tendrá la titulación adecuada y la experiencia profesional suficiente, y no podrá ser sustituido sin previo conocimiento.

El Contratista comunicará el nombre del Jefe de Seguridad y que deberá estar en permanente comunicación con el Coordinador de Seguridad y Salud de las Obras, designado éste por la Propiedad. Antes de iniciarse los trabajos, la representación del Contratista y la Dirección de Obra acordarán los detalles de sus relaciones estableciéndose modelos y procedimientos para comunicación escrita entre ambos, transmisión de órdenes, así como la periodicidad y nivel de reuniones para control de la marcha de las obras. Las reuniones se celebrarán semanalmente salvo orden escrita de la Dirección de Obra.

La Dirección de Obra podrá suspender los trabajos, sin que de ello se deduzca alteración alguna de los términos y plazos contratados, cuando no se realicen bajo la dirección del personal facultativo designado para los mismos y en tanto no se cumpla este requisito. La Dirección de Obra podrá exigir al Contratista la designación de nuevo personal facultativo, cuando la marcha de los trabajos respecto al plan de trabajos así lo requiera a juicio de la Dirección de Obra.

Se presumirá que existe siempre dicho requisito en los casos de incumplimiento de las órdenes recibidas o de negativa a suscribir, con su conformidad o reparos, los documentos que reflejen el desarrollo de las obras, como partes de situación, datos de medición de elementos a ocultar, resultados de ensayos, órdenes de la Dirección y análogos definidos por las disposiciones del Contrato o convenientes para un mejor desarrollo del mismo.

Facilidades para la inspección

El Contratista proporcionará a la Dirección de Obra o sus representantes, toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de los materiales y equipos, unidades de obra terminadas o en ejecución, así como vigilancia

o inspección de la mano de obra, con objeto de que puedan comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas en este Pliego, permitiendo el acceso a todas las partes de la obra incluso a los talleres o fábrica donde se produzcan o preparen los materiales o equipos, o se realicen montajes parciales para las obras.

Libro de Ordenes

El Contratista tendrá siempre en la oficina de obra, y a disposición de la Dirección Facultativa, el Libro de Órdenes, con sus hojas foliadas, en el que ésta redactará las que crea oportuno dar al Contratista para que se adopten las medidas precisas que eviten en lo posible los accidentes de todo género que puedan ocurrir a los trabajadores, los viandantes en general y las fincas colindantes, así como las que crea necesarias para subsanar o corregir las posibles deficiencias constructivas que haya observado en sus visitas a la obra y en suma, todas las que juzgue indispensables para que los trabajos se lleven a cabo de acuerdo y en armonía con los documentos del proyecto.

Cada orden deberá ser firmada por el Agente de la Dirección de Obra que la redacte, y el “ENTERADO” con la firma del Contratista o la de su encargado en la obra. El hecho de que en el citado Libro no figuren redactadas órdenes que ya preceptivamente tiene la obligación de cumplimentar el Contratista, de acuerdo con lo establecido en el presente Pliego de Condiciones, no supone eximente ni atenuante alguno para las responsabilidades que puedan derivarse.

1.5. Obligaciones del contratista

Obligaciones generales

Es obligación del Contratista ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aún cuando no se halle expresamente estipulado en este Pliego, debiendo cumplir lo que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, disponga por escrito la Dirección de la Obra.

Otras obligaciones

Antes de comenzar la obra en general o para cualquier unidad nueva a realizar, el Contratista deberá comunicar a la Dirección de obra la relación detallada de la maquinaria, medios auxiliares, plantilla o proceso constructivo que piensa utilizar para la ejecución de las obras, con los datos siguientes:

_ Relación de los servicios que resultarán afectados por las obras y previsiones tanto para su reposición como para la obtención, en caso necesario, de las licencias oportunas.

_ Programa temporal de ejecución de cada una de las unidades que componen la obra, estableciendo el presupuesto de obra que cada mes es ejecutará, y teniendo en cuenta explícitamente los condicionantes que para la ejecución de cada unidad se tengan, así como cualquier otra particularidad. A tal fin y con independencia del programa general y completo de la obra, que deberá actualizarse permanentemente, el Contratista elaborará

y entregará a la Dirección de la Obra la planificación semanal y mensual de los trabajos, que deberán ajustarse a la planificación general a fin de asegurar en todo momento el cumplimiento del plazo contractual.

_ Relación de la maquinaria que se empleará, con indicación de sus características, dónde se encuentra cada máquina en el tiempo de formular el programa y la fecha en que estará la obra, así como la justificación de aquellas características que posee para realizar las obras conforme a las condiciones fijadas en el proyecto, las unidades de obra en las que se tengan que utilizar y su capacidad para asegurar el cumplimiento del programa previsto contractualmente.

_ Organización del personal que se destina a la ejecución de la obra, expresando donde se halla el personal superior, medio y especialista cuando se formule el programa y las fechas en que estén las obras.

_ Procedencia que se propone de los materiales a emplear, ritmos diarios, semanales y mensuales de suministro, previsión de la situación y cuantía de los acopios.

_ Valoración mensual y acumulada de cada una de las actividades programadas y del conjunto de la obra.

Medidas de seguridad

El Contratista deberá atenerse a las disposiciones vigentes sobre la Seguridad e Higiene en el trabajo, conforme a lo expuesto en el ESTUDIO o ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD, según corresponda.

El contratista establecerá la señalización, iluminación y cercado de las obras, de acuerdo con las directrices establecidas en el citado ESTUDIO, para la seguridad del tráfico de vehículos y viandantes, así como del personal de la propia obra. Todos los gastos derivados de estas actuaciones se considerarán incluidas en la oferta económica.

Medidas de protección y limpieza

El Contratista deberá proteger todos los materiales y la propia obra contra todo deterioro y daños durante el período de la construcción.

Deberá conservar en perfecto estado de limpieza todos los espacios de la obra, interiores y exteriores, evacuando los desperdicios y basuras.

Instalaciones, medios y obras auxiliares

El Contratista, en un plazo máximo de 30 días a partir de la fecha de comienzo de los trabajos, facilitará a la Dirección de Obra, sin cargo adicional alguno y durante el tiempo de duración de la obra unas oficinas de campo para el personal adscrito a la misma. Estas oficinas contarán con teléfono, luz eléctrica, calefacción, mobiliario, servicios higiénicos, etc. y con el correspondiente servicio de limpieza.

El Contratista deberá someter a la aprobación de la Dirección de Obra, dentro del plazo que figure en el Programa de trabajos, el proyecto de sus instalaciones de obra, que fijará la ubicación de la oficina de obra, equipos, instalaciones de maquinaria y

cuantos elementos sean necesarios para el normal desarrollo de la obra, de acuerdo con las prescripciones legales vigentes.

Pruebas de las obras

Durante la ejecución de las obras se irán realizando pruebas de todas las instalaciones, en particular de aquellas que deban quedar ocultas, en presencia de la Dirección de Obra, y en su caso, de representantes de las compañías a las que deben quedar afectos los servicios o instalaciones, debiendo levantarse la correspondiente Acta con los resultados obtenidos.

Antes de verificar la recepción, y siempre que sea posible, se someterán las obras a pruebas de resistencia, estabilidad e impermeabilidad, en su caso, y se procederá a la toma de muestras para la realización de ensayos, todo ello con arreglo al programa que redacte la Dirección de Obra.

Todas estas pruebas y ensayos serán a cuenta del Contratista, y se entiende que no están verificadas totalmente hasta que den resultados satisfactorios.

Los asientos o averías, accidentes o daños, que se produzcan en estas pruebas y procedan de la mala construcción o falta de precauciones, serán corregidas por el Contratista, siendo ello a su cargo.

Cumplimiento de la normativa vigente

El Contratista vendrá obligado al cumplimiento de lo dispuesto en todas las leyes de carácter social y las referentes a obras, construcciones, etc., que sean de aplicación al presente Proyecto, siendo total responsabilidad del Contratista los daños físicos y materiales ocasionados por incumplimiento de las citadas disposiciones.

Igualmente queda obligado también a cumplir todas las disposiciones vigentes relativas a contratos de trabajo, remuneraciones mínimas, subsidio familiar, retiro obrero, accidentes de trabajo, seguro de enfermedad, etc., a la firma del contrato o que se dicten durante los trabajos.

El Contratista deberá obtener todos los permisos y licencias necesarios para la ejecución de las obras y correrán a su cargo las indemnizaciones a que hubiera lugar por perjuicios ocasionados a terceros como consecuencia de las obras, y todas las obras auxiliares que fuere necesario ejecutar para la correcta ejecución del Proyecto.

El Contratista se obliga a realizar por su cuenta todas las gestiones y trámites que sean preciso para la total puesta en funcionamiento de las instalaciones proyectadas, entregando al Ayuntamiento todos los documentos que sean precisos para la formalización de contratos, etc., entre este Organismo y las Empresas Suministradoras u otros Organismos Oficiales.

2. Condiciones técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones eléctricas en baja tensión

2.1. Condiciones generales

Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido

especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiendo que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

2.2. Canalizaciones eléctricas

Los cables se colocarán dentro de tubos o canales, fijados directamente sobre las paredes, enterrados, directamente empotrados en estructuras, en el interior de huecos de la construcción, bajo molduras, en bandeja o soporte de bandeja, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

Antes de iniciar el tendido de la red de distribución, deberán estar ejecutados los

elementos estructurales que hayan de soportarla o en los que vaya a ser empotrada: forjados, tabiquería, etc. Salvo cuando al estar previstas se hayan dejado preparadas las necesarias canalizaciones al ejecutar la obra previa, deberá replantearse sobre ésta en forma visible la situación de las cajas de mecanismos, de registro y protección, así como el recorrido de las líneas, señalando de forma conveniente la naturaleza de cada elemento.

Conductores aislados en bandeja o soporte de bandejas

Sólo se utilizarán conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE 20.460 -5-52.

El material usado para la fabricación será acero laminado de primera calidad, galvanizado por inmersión. La anchura de las canaletas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible, en N/m, en función de la anchura y de la distancia entre soportes. Todos los accesorios, como codos, cambios de plano, reducciones, uniones, soportes, etc, tendrán la misma calidad que la bandeja.

Las bandejas y sus accesorios se sujetarán a techos y paramentos mediante herrajes de suspensión, a distancias tales que no se produzcan flechas superiores a 10 mm y estarán perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales.

No se permitirá la unión entre bandejas o la fijación de las mismas a los soportes por medio de soldadura, debiéndose utilizar piezas de unión y tornillería cadmiada. Para las uniones o derivaciones de líneas se utilizarán cajas metálicas que se fijarán a las bandejas.

Normas de instalación en presencia de otras instalaciones no eléctricas

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

3. Conductores

Los conductores utilizados se regirán por las especificaciones del proyecto, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

3.1. Dimensionado

Para la selección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios:

- **Intensidad máxima admisible.** Como intensidad se tomará la propia de cada carga. Partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se elegirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-BT-19 o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayoración de la carga, se deberán tener presentes las Instrucciones ITC-BT-44 para receptores de alumbrado e ITC-BT-47 para receptores de motor.

- **Caída de tensión en servicio.** La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 3 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 5 % para los demás usos, considerando alimentados todos los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente. Para la derivación individual la caída de tensión máxima admisible será del 1,5 %. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de la derivación individual, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas.

La **sección del conductor neutro** será la especificada en la Instrucción ITC-BT-07, apartado 1, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Los conductores de protección serán del mismo tipo que los conductores activos especificados en el apartado anterior, y tendrán una sección mínima igual a la fijada por la tabla 2 de la ITC-BT-18, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Se podrán instalar por las mismas canalizaciones que éstos o bien en forma independiente, siguiéndose a este respecto lo que señalen las normas particulares de la empresa distribuidora de la energía.

3.2. Mecanismos y tomas de corriente

Los interruptores y conmutadores cortarían la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de toma una posición intermedia. Serán del tipo cerrado y de material aislante.

Las dimensiones de las piezas de contacto serán tales que la temperatura no pueda exceder de 65 °C en ninguna de sus piezas. Su construcción será tal que permita realizar un número total de 10.000 maniobras de apertura y cierre, con su carga nominal a la tensión de trabajo.

Llevarán marcada su intensidad y tensiones nominales, y estarán probadas a una tensión de 500 a 1.000 voltios.

Las tomas de corriente serán de material aislante, llevarán marcadas su intensidad y tensión nominales de trabajo y dispondrán, como norma general, todas ellas de puesta a tierra.

Todos ellos irán instalados en el interior de cajas empotradas en los paramentos, de forma que al exterior sólo podrá aparecer el mando totalmente aislado y la tapa embellecedora.

En el caso en que existan dos mecanismos juntos, ambos se alojarán en la misma caja, la cual deberá estar dimensionada suficientemente para evitar falsos contactos.

3.3. Aparata de mando y protección

Cuadros eléctricos

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán en obra sin ningún defecto.

Estarán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

Cada circuito en salida de cuadro estará protegido contra las sobrecargas y cortocircuitos.

La protección contra corrientes de defecto hacia tierra se hará por circuito o grupo de circuitos según se indica en el proyecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada, según ITC-BT-24.

Los cuadros serán adecuados para trabajo en servicio continuo. Las variaciones máximas admitidas de tensión y frecuencia serán del + 5 % sobre el valor nominal.

Los cuadros serán diseñados para servicio interior, completamente estancos al polvo y la humedad, ensamblados y cableados totalmente en fábrica, y estarán constituidos por una estructura metálica de perfiles laminados en frío, adecuada para el montaje sobre el suelo, y paneles de cerramiento de chapa de acero de fuerte espesor, o de cualquier otro material que sea mecánicamente resistente y no inflamable.

Alternativamente, la cabina de los cuadros podrá estar constituida por módulos de material plástico, con la parte frontal transparente

Las puertas estarán provistas con una junta de estanquidad de neopreno o material similar, para evitar la entrada de polvo.

Todos los cables se instalarán dentro de canaletas provista de tapa desmontable. Los cables de fuerza irán en canaletas distintas en todo su recorrido de las canaletas para los cables de mando y control.

Los aparatos se montarán dejando entre ellos y las partes adyacentes de otros elementos una distancia mínima igual a la recomendada por el fabricante de los aparatos, en cualquier caso nunca inferior a la cuarta parte de la dimensión del aparato en la dirección considerada.

La profundidad de los cuadros será de 500 mm y su altura y anchura la necesaria para la colocación de los componentes e igual a un múltiplo entero del módulo del fabricante.

Los cuadros estarán diseñados para poder ser ampliados por ambos extremos.

Los aparatos indicadores (lámparas, amperímetros, voltímetros, etc), dispositivos de mando (pulsadores, interruptores, conmutadores, etc), paneles sinópticos, etc, se montarán sobre la parte frontal de los cuadros.

Todos los componentes interiores, aparatos y cables, serán accesibles desde el exterior por el frente.

El cableado interior de los cuadros se llevará hasta una regleta de bornas situada junto a las entradas de los cables desde el exterior.

Las partes metálicas de la envoltura de los cuadros se protegerán contra la corrosión por medio de una imprimación a base de dos manos de pintura anticorrosiva y una pintura de acabado de color que se especifique en las Mediciones o, en su defecto, por la Dirección

Técnica durante el transcurso de la instalación.

La construcción y diseño de los cuadros deberán proporcionar seguridad al personal y garantizar un perfecto funcionamiento bajo todas las condiciones de servicio, y en particular:

- Los compartimentos que hayan de ser accesibles para accionamiento o mantenimiento estando el cuadro en servicio no tendrán piezas en tensión al descubierto.

- El cuadro y todos sus componentes serán capaces de soportar las corrientes de cortocircuito (kA) según especificaciones reseñadas en planos y mediciones.

Interruptores automáticos

En el origen de la instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación a la misma, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobrecargas de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

La protección contra sobrecargas para todos los conductores (fases y neutro) de cada circuito se hará con interruptores magnetotérmicos o automáticos de corte omnipolar, con curva térmica de corte para la protección a sobrecargas y sistema de corte electromagnético para la protección a cortocircuitos.

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución o tipo de conductores utilizados. No obstante, no se exige instalar dispositivos de protección en el origen de un circuito en que se presente una disminución de la intensidad admisible en el mismo, cuando su protección quede asegurada por otro dispositivo instalado anteriormente.

Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre y tendrán un indicador de posición. El accionamiento será directo por polos con mecanismos de cierre por energía acumulada. El accionamiento será manual o manual y eléctrico, según se indique en el esquema o sea necesario por necesidades de automatismo. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.

El interruptor de entrada al cuadro, de corte omnipolar, será selectivo con los interruptores situados aguas abajo, tras él.

Los dispositivos de protección de los interruptores serán relés de acción directa.

Interruptores diferenciales

1º La protección contra contactos directos se asegurará adoptando las siguientes medidas:

Protección por aislamiento de las partes activas

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.

Protección por medio de barreras o envolventes

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324.

Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IPXXD.

Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta
- o bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes
- o bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IPXXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

2º La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante "corte automático de la alimentación". Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como impresión, con tal de que sea duradera y fácilmente legible.

En cualquier caso, las etiquetas estarán marcadas con letras negras de 10 mm de altura sobre fondo blanco.

Receptores de alumbrado

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.

Las masas de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimentan con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN50.107.

C. CONCLUSIÓN Y FIRMA

Teniendo en cuenta el buen diseño de las instalaciones, los materiales a utilizar, el cumplimiento de las normas y reglamentos vigentes, las especificaciones del peticionario que en este caso el peticionario es la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Béjar y el buen criterio del proyectista.

Llego a la conclusión que de acuerdo a lo establecido en el Pliego de Condiciones este es un proyecto acorde a las exigencias impuestas por el peticionario y las normas vigentes.

Neel Marck Vargas Eufrazio
En Béjar; Septiembre del 2017.

IX.SEGURIDAD Y SALUD

A. CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DE LAS OBRAS

a. Descripción de los trabajos

Se realizarán los siguientes trabajos:

- Instalaciones eléctricas en media tensión: Dos centros de seccionamiento y medida, dos líneas subterráneas de media tensión y un centro de transformación.
- Instalaciones eléctricas en baja tensión: Alumbrado interior y exterior de los túneles, ventilación y extracción, sistemas de seguridad, equipos de respaldo energético y control de la energía, cuadros de protección y control.

Evidentemente estos trabajos conllevan pavimentación asfáltica, albañilería, muros y mampostería.

b. Coste, plazo de ejecución y mano de obra necesaria

El coste total de ejecución material, incluyendo lo indicado en este estudio, asciende a 3175127.108 €.

El plazo de ejecución es de 8 semanas.

El número de operarios trabajando al mismo tiempo no será mayor de 30 personas.

c. Documento de seguridad y salud requerido en fase de proyecto

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

B. PELIGROS DETECTADOS Y RIESGOS ASUMIDOS

a. Peligros generales

Cuando los trabajadores estén expuestos a peligros de su trabajo:

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Cortes por manejo de herramientas manuales.
- Cortes por manejo de las guías y conductores.
- Pinchazos en las manos por manejo de guías y conductores.
- Golpes por herramientas manuales.
- Sobreesfuerzos por posturas forzadas.
- Electrocuación o quemaduras.
- Explosión de los grupos de transformación durante la entrada en servicio.
- Incendio por incorrecta instalación de la red eléctrica.
- Atrapamiento por maquinaria

El empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

b. Peligros específicos de cada fase de la obra

Nos referimos aquí a los riesgos propios de actividades concretas que afectan sólo al personal que realiza trabajos en las mismas.

Este personal estará expuesto a los riesgos generales indicados en el punto anterior., más los específicos de su actividad.

A tal fin analizamos a continuación las actividades más significativas.

Trabajos preliminares

- Los riesgos que pueden presentarse al equipo que desarrollara los trabajos preliminares de la obra (replanteo, topografía, etc.) son los derivados del trabajo en terrenos accidentados (posibilidad de caídas o torceduras de pies).
- Otro posible riesgo es la posibilidad de que con los aparatos (miras, cintas, etc.) se pudiera entrar en contacto con líneas electrificadas, por no tomar las debidas precauciones.

Acopios

- Los riesgos que pueden presentarse durante esta fase, son los típicos en la realización de esta actividad: golpes, heridas, caídas de objetos y atrapamientos.

Carga y descarga de materiales

- Los riesgos que pueden presentarse durante la realización de esta actividad son: Caídas de operarios al mismo nivel, golpes, heridas, sobreesfuerzos, caídas de objetos y atrapamientos.

Carga y descarga de materiales

- Los riesgos que pueden presentarse durante la realización de esta actividad son: Caídas de operarios al mismo nivel, golpes, heridas, sobreesfuerzos, caídas de objetos y atrapamientos.

Almacenamiento de materiales

- Los riesgos que se pueden presentar en esta fase, son los mismos que han sido descritos en la fase

anterior.

Excavaciones

Además de los generales, pueden ser inherentes a las excavaciones los siguientes riesgos:

- Desprendimiento o deslizamiento de tierras.
- Atropellos y/o golpes por máquinas o vehículos.
- Colisiones y vuelcos de maquinaria.
- Riesgos a terceros ajenos al propio trabajo.

Movimiento de tierras

En los trabajos derivados del movimiento de tierras por excavaciones o rellenos se prevé los siguientes riesgos:

- Caídas de materiales de las palas o cajas de los vehículos.
- Caídas de personas desde los vehículos.
- Vuelcos de vehículos por diversas causas (malas condiciones del terreno, exceso de carga, durante las descargas, etc.).
- Atropello y colisiones.
- Proyección de partículas.
- Polvo ambiental.

Trabajos con ferralla

Los riesgos más comunes relativos a la manipulación y montaje de ferralla son:

- Cortes y heridas en el manejo de las barras o alambres.
- Atrapamientos en las operaciones de carga y descarga de paquetes de barras o en la colocación de las mismas.

- Torceduras de pies, tropiezos y caídas al mismo nivel al caminar sobre las armaduras

- Roturas eventuales de barras durante el doblado.

Trabajos de encofrado y desencofrado

En esta actividad podemos destacar los siguientes:

- Desprendimiento de tableros.

- Pinchazos con objetos punzantes.

- Caída de materiales (tableros, tablones, puntales, etc.).

- Caída de elementos del encofrado durante las operaciones de desencofrado.

- Cortes y heridas en manos por manejo de herramientas (sierras, cepillos, etc.) y materiales.

Trabajos con hormigón

La exposición y manipulación del hormigón implica los siguientes riesgos:

- Salpicaduras de hormigón a los ojos.

- Hundimiento, rotura o caída de encofrados.

- Torceduras de pies, pinchazos, tropiezos y caídas al mismo y a distinto nivel, al moverse sobre las estructuras.

- Dermatitis en la piel.

- Aplastamiento o atrapamiento por fallo de entibaciones.

- Lesiones musculares por el manejo de vibradores.

- Electrocutión por ambientes húmedos.

Manipulación de materiales

Los riesgos propios de esta actividad están incluidos en la descripción de riesgos generales.

Transporte de materiales y equipos dentro de la obra

En esta actividad, además de los riesgos enumerados en el punto anterior, son previsibles los siguientes:

- Desprendimiento o caída de la carga, o parte de la misma, por ser excesiva o estar mal sujeta.

- Golpes contra partes salientes de la carga.

- Atropellos de personas.

- Vuelcos.

- Choques contra otros vehículos o máquinas.

- Golpes o enganches de la carga con objetos, instalaciones o tendidos de cables.

Prefabricación y monte de estructuras, cerramientos y equipos.

De los específicos de este apartado cabe destacar:

- Caída de materiales por la mala ejecución de la maniobra de izado y acoplamiento de los mismos o fallo mecánico de equipos.
- Caída de personas desde altura por diversas causas.
- Atrapamiento de manos o pies en el manejo de los materiales o equipos.
- Caída de objetos, herramientas sueltas.
- Explosiones o incendios por el uso de gases o por proyecciones incandescentes.

Maniobras de izado, situación en obra y montaje de equipos y materiales.

Como riesgos específicos de estas maniobras podemos citar los siguientes:

- Caída de materiales, equipos o componentes de los mismos por fallo de los medios de elevación o error en la maniobra.
- Caída de pequeños objetos o materiales sueltos (cantoneras, herramientas, etc.) sobre personas.
- Caída de personas desde altura en operaciones de estrobo o desestrobo de las piezas.
- Atrapamientos de manos o pies.
- Aprisionamiento/aplastamiento de personas por movimientos incontrolados de la carga.
- Golpes de equipos, en su izado y transporte, contra otras instalaciones (estructuras, líneas eléctricas, etc.). caída o vuelco de los medios de elevación.

Tendido del conductor subterráneo de M.T. y B.T.

- Los riesgos que se pueden presentar en esta operación son: vuelco de maquinaria, caídas a distinto nivel, golpes y heridas, atrapamientos, caídas de objetos, sobreesfuerzos y riesgos a terceros.

Uso de máquinas herramientas

Máquinas fijas y herramientas eléctricas.

- Las características de trabajos en elementos con tensión eléctrica en los que pueden producirse

accidentes por contactos, tanto directos como indirectos.

- Caídas de personal al mismo, o distinto nivel, por desorden de mangueras.
- Lesiones por uso inadecuado, o malas condiciones de máquinas giratorias o de corte.
- Proyecciones de partículas.

Medios de Elevación

- Caída de la carga por deficiente estrobo o maniobra.

- Rotura de cable, gancho, estrobo, grillete o cualquier otro medio auxiliar de elevación.
- Golpes o aplastamientos por movimientos incontrolados de la carga.
- Exceso de carga con la consiguiente rotura, o vuelco, del medio correspondiente.
- Fallo de elementos mecánicos o eléctricos.
- Caída de personas a distinto nivel durante las operaciones de movimiento de cargas. Andamios, Plataformas y Escaleras.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caída del andamio por vuelco.
- Vuelcos o deslizamientos de escaleras.
- Caída de herramientas o materiales desde el andamio.
- Los derivados de padecimiento de enfermedades no detectadas (epilepsia, vértigo, etc.).

Equipos de soldadura eléctrica y oxiacetilénica

- Incendios.
- Quemaduras.
- Los derivados de la inhalación de vapores metálicos.
- Explosión de botellas de gases.
- Proyecciones incandescentes o de cuerpos extraños.
- Contacto con la energía eléctrica.

Montaje de instalaciones. Suelos y acabados.

Los riesgos inherentes a estas actividades podemos considerarlos incluidos dentro de los generales, al no ejecutarse a grandes alturas ni presentar aspectos relativamente peligrosos.

Riesgo eléctrico

Se analiza este apartado conforme al Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas

para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al Riesgo eléctrico.

Los riesgos más significativos son:

- Choque eléctrico por contacto con elementos en tensión (contacto eléctrico directo), o con masas puestas accidentalmente en tensión (contacto eléctrico indirecto). (Electrocución).
- Quemaduras por choque eléctrico, o por arco eléctrico.
- Caída o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.

- Incendios o explosiones originados por la electricidad.

c. Riesgo de daños a terceros

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

- Caída de personas desde altura por diversas causas.
- Atrapamientos de manos o pies.
- Atropellos de personas.
- Torceduras de pies, pinchazos, tropiezos y caídas al mismo y a distinto nivel.

C. MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA AMINORAR RIESGOS

a. Medidas generales

1. *Introducción*

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, de manera que de su utilización no se deriven riesgos para los trabajadores.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 486/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a los lugares de trabajo, entendiéndose como tales las áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo, sin incluir las obras de construcción temporales o móviles.

2. *Obligación del empresario*

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.

En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.

Condiciones constructivas

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbamiento o caídas de materiales sobre los trabajadores, para ello el pavimento constituirá un conjunto homogéneo, llano y liso sin solución de continuidad, de material consistente, no resbaladizo o susceptible de serlo con el uso y de fácil limpieza, las paredes serán lisas, guarnecidas o pintadas en tonos claros y susceptibles de ser lavadas y blanqueadas y los techos deberán resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo y ser lo suficientemente consistentes.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán también facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

Todos los elementos estructurales o de servicio (cimentación, pilares, forjados, muros y escaleras) deberán tener la solidez y resistencia necesarias para soportar las cargas o esfuerzos a que sean sometidos.

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables, adoptando una superficie libre superior a 2 m² por trabajador, un volumen mayor a 10 m³ por trabajador y una altura mínima desde el piso al techo de 2,50 m. Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas.

Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista y deberán estar protegidas contra la rotura. Las puertas de acceso a las escaleras no se abrirán directamente sobre sus escalones, sino sobre descansos de anchura al menos igual a la de aquellos.

Los pavimentos de las rampas y escaleras serán de materiales no resbaladizos y caso de ser perforados la abertura máxima de los intersticios será de 8 mm. La pendiente de las rampas variará entre un 8 y 12 %. La anchura mínima será de 55 cm para las escaleras de servicio y de 1 m. para las de uso general.

En caso de utilizar escaleras de mano, éstas tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. En cualquier caso, no se emplearán escaleras de más de 5 m de altura, se colocarán formando un ángulo aproximado de 75° con la horizontal, sus largueros deberán prolongarse al menos 1 m sobre la zona a acceder, el ascenso, descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán frente a las mismas, los trabajos a más de 3,5 m de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos

peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad y no serán utilizadas por dos o más personas simultáneamente.

Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocarán en el exterior. El número, la distribución y las dimensiones de las vías deberán estar dimensionadas para poder evacuar todos los lugares de trabajo rápidamente, dotando de alumbrado de emergencia aquellas que lo requieran.

La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión, para ello se dimensionarán todos los circuitos considerando las sobreintensidades previsibles y se dotará a los conductores y resto de aparataje eléctrica de un nivel de aislamiento adecuado.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección conectados a las carcassas de los receptores eléctricos, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local, características del terreno y constitución de los electrodos artificiales).

El suelo deberá ser fijo, estable y no resbaladizo, sin irregularidades ni pendientes peligrosas. Las aberturas, desniveles y las escaleras se protegerán mediante barandillas de 90 cm de altura.

Los trabajadores deberán poder realizar de forma segura las operaciones de abertura, cierre, ajuste o fijación de ventanas, y en cualquier situación no supondrán un riesgo para éstos.

Las vías de circulación deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad. La anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 100 cm.

Orden, limpieza y mantenimiento. señalización

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos.

Las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico.

Condiciones ambientales

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse las condiciones siguientes:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C. En los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25°C.

- La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.

Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:

- Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.

- Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.

- Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.

- La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m³ de aire limpio por hora y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y 50 m³ en los casos restantes.

- Se evitarán los olores desagradables.

Iluminación

La iluminación será natural con puertas y ventanas acristaladas, complementándose con iluminación artificial en las horas de visibilidad deficiente. Los puestos de trabajo llevarán además puntos de luz individuales, con el fin de obtener una visibilidad notable. Los niveles de iluminación mínimos establecidos (lux) son los siguientes:

- Áreas o locales de uso ocasional: 50 lux

- Áreas o locales de uso habitual: 100 lux

- Vías de circulación de uso ocasional: 25 lux.

- Vías de circulación de uso habitual: 50 lux.

- Zonas de trabajo con bajas exigencias visuales: 100 lux.

- Zonas de trabajo con exigencias visuales moderadas: 200 lux.

- Zonas de trabajo con exigencias visuales altas: 500 lux.

- Zonas de trabajo con exigencias visuales muy altas: 1000 lux.

La iluminación anteriormente especificada deberá poseer una uniformidad adecuada, mediante la distribución uniforme de luminarias, evitándose los deslumbramientos directos por equipos de alta luminancia.

Se instalará además el correspondiente alumbrado de emergencia y señalización con el fin de poder iluminar las vías de evacuación en caso de fallo del alumbrado general.

Servicios higiénicos y locales de descanso

En el local se dispondrá de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible por los trabajadores.

Se dispondrán vestuarios cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo, provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, con una

capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Si los vestuarios no fuesen necesarios, se dispondrán colgadores o armarios para colocar la ropa.

Existirán aseos con espejos, retretes con descarga automática de agua y papel higiénico y lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón y toallas individuales u otros sistemas de secado con garantías higiénicas. Dispondrán además de duchas de agua corriente, caliente y fría, cuando se realicen habitualmente trabajos sucios, contaminantes o que originen elevada sudoración. Llevarán alicatados los paramentos hasta una altura de 2 m. del suelo, con baldosín cerámico esmaltado de color blanco. El solado será continuo e impermeable, formado por losas de gres rugoso antideslizante.

Si el trabajo se interrumpiera regularmente, se dispondrán espacios donde los trabajadores puedan permanecer durante esas interrupciones, diferenciándose espacios para fumadores y no fumadores.

Material y locales de primeros auxilios

El lugar de trabajo dispondrá de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores y a los riesgos a que estén expuestos.

Como mínimo se dispondrá, en lugar reservado y a la vez de fácil acceso, de un botiquín portátil, que contendrá en todo momento, agua oxigenada, alcohol de 96, tintura de yodo, mercurocromo, gasas estériles, algodón hidrófilo, bolsa de agua, torniquete, guantes esterilizados y desechables, jeringuillas, hervidor, agujas, termómetro clínico, gasas, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas, antiespasmódicos, analgésicos y vendas.

b. Medidas específicas para cada fase de la obra

Trabajos preliminares

- El personal deberá ir provisto de calzado adecuado.
- Así como prestando especial atención a las distancias que en cada momento puedan existir entre los trabajadores y las citadas líneas.

Acopios

- Previamente al acopio de materiales a los lugares de trabajo deberá realizarse un reconocimiento del terreno, con el fin de elegir la mejor ruta de acceso.
- Deberá procurarse que los caminos, sendas o veredas que vayan a utilizarse para los respectivos acopios, sean adecuados para realizar el trabajo en las debidas condiciones de seguridad, a fin de evitar roces y choques con ramas, árboles, piedras, laderas, etc.
- Deberá procurarse igualmente que las pendientes y peraltes no sean excesivamente pronunciados, con el fin de evitar caídas o vuelcos de los vehículos empleados, así como de su carga, con el consiguiente peligro para el personal.
- Si para llevar a cabo el acceso al lugar de trabajo fuera necesario adecuar o construir una ruta de acceso, esta deberá realizarse con la maquinaria y los medios adecuados.

Carga y descarga de materiales

- En todos los casos, la carga de los materiales en un vehículo deberá ser dirigida por el conductor del mismo, el cual debe conocer las dificultades de la ruta por la que ha de transitar, además de ser responsable de la carga y del vehículo, debiendo prevenir los posibles fallos, roturas o desplazamiento de la carga, en función del estado de los terrenos a recorrer.
- Para la carga o descarga manual, un operario no podrá levantar más de 50 Kg y, en caso de que la carga fuera superior a la citada, deberá pedir la ayuda de otros trabajadores.
- Si el acarreo de pesos se estima en una duración superior a las 4 h de trabajo continuadas, el peso máximo a acarrear será de 25 Kg, o bien deberán utilizarse medios mecánicos adecuados.
- El operario estará obligado a realizar los esfuerzos de forma racional, con el fin de evitar posibles lesiones de columna vertebral. El levantamiento de la carga se efectuará realizando el esfuerzo con las piernas y la columna vertebral recta y “no doblándola”.
- En la descarga de las bobinas de conductores, los trabajadores deberán ayudarse de cuerdas o métodos adecuados (rampas, raíles, etc.), no debiendo permanecer ningún operario delante de la dirección de la maniobra de la bobina. En ningún caso se hará rodar la bobina por un solo canto, teniendo levantado el otro, con el fin de evitar su vuelco.
- Para la carga y descarga con medios mecánicos, la maquinaria a emplear deberá ser la adecuada (grúa, pala cargadora, etc.) y su maniobra deberá ser dirigida por personal especializado, no debiéndose superar en ningún momento la carga máxima autorizada. Igualmente, las diferentes máquinas que participen en las operaciones deberán estar correctamente estabilizadas. La elevación de la carga deberá realizarse de forma suave y continuada.
- Durante las operaciones de carga o descarga, ninguna persona ajena a las mismas se acercará al vehículo, y nunca permanecerá ni circulará personal debajo de las cargas suspendidas, ni permanecerá sobre las cargas.

Almacenamiento de materiales

- Los materiales deberán almacenarse de forma que no puedan causar derrumbamientos o deslizamientos que den lugar a un accidente, ni que el almacenamiento dificulte la carga, ocasionando un mayor esfuerzo para los trabajadores.
- En el caso particular del almacenamiento de bobinas, se recomienda que estén colocadas tumbadas para evitar su rodamiento, o bien, en el caso de estar apoyadas sobre los cantos, deberán estar calzadas por ambos lados.

Excavaciones

La excavación en tierra (aquella en la que no es necesario el uso de explosivos), se podrá realizar con herramientas, o mecánicamente.

Excavación en tierra con herramientas:

- En el caso de uso de herramientas, debido a las reducidas dimensiones que generalmente tendrán los hoyos, se recomienda que sea un único trabajador el que permanezca en su interior, para evitar accidentes por alcance entre ellos de las herramientas a emplear.
- Deberá vigilarse constantemente la preparación de los hoyos, con el fin de observar variaciones en las características del terreno que obliguen a emplear medidas de seguridad que eviten el derrumbamiento.
- En el caso de zanjas con probable peligro de derrumbamiento de paredes, nunca deberá quedar un operario solo en su interior, sino que en el exterior de hoyo debe permanecer al menos otro operario, para caso de auxilio.
- Los escombros procedentes de la excavación se ubicarán a una distancia adecuada de la boca del hoyo, para evitar su caída al interior del mismo, así como para facilitar el paso de operarios alrededor de la boca del hoyo.
- Para el acceso a zanjas profundas se recomienda la utilización de escaleras adecuadas.

Excavación en tierra mecánicamente:

- La excavación de zanjas “en tierra” por medios mecánicos deberá realizarse con la maquinaria apropiada (retroexcavadora, etc.), que deberá ser manejada por el personal especializado.
- En todo momento la maquinaria deberá encontrarse perfectamente estabilizada.
- Este tipo de operación tiene el riesgo de que el operario que dirige las maniobras de la máquina sea alcanzado por la misma, o que se caiga al hoyo en excavación.
- Para evitar tales riesgos, dicho operario debe estar situado lo más apartado posible de la boca del hoyo y del alcance de la máquina.
- Los escombros procedentes de la excavación deberán situarse a una distancia adecuada de la zanja, como se indicó anteriormente.
- Basándose en todo aquello, se recomienda la excavación por medios mecánicos, y no manuales, por resultar más seguro para los operarios que participan en la tarea.

Tendido del conductor subterráneo de M.T. y B.T.

- Antes de iniciar la operación de tendido de los conductores deberá revisarse el estado de los gatos y cunas, así como su capacidad para resistir los pesos a los que van a ser sometidos.
- El asentamiento de las bobinas sobre los gatos o cunas se realizará de forma suave y continua. En el caso de que los rodillos estén situados en el suelo, se colocarán en sitios visibles, con el fin de evitar golpes contra ellos. Si van colocados sobre las bandejas, se amarrarán para evitar su posible deslizamiento o caída.
- El tendido del conductor se realizará de forma suave, evitando tirones bruscos y con total coordinación entre los operarios y el director de maniobra.

Uso de máquinas herramientas

- Las máquinas herramientas a utilizar estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento.

- Los motores estarán protegidos por carcasa. La máquina herramienta con capacidad de corte tendrá el disco protegido mediante una carcasa, disponiendo también de empujador de piezas e interruptor estanco.
- Dispondrán de conexión a la red de tierra.
- Se prohíbe dejar la herramienta eléctrica abandonada en el suelo para evitar accidentes.

Se prohíbe utilizar herramienta accionada por combustible en lugares cerrados.

En movimiento de tierras

- No se cargarán los camiones por encima de la carga admisible ni sobrepasando el nivel superior de la carga.
- Se prohíbe el traslado de personas fuera de la cabina de los vehículos.
- Se situarán topes o calzos para limitar la proximidad a bordes de excavaciones o desniveles en zonas de descarga.
- Se limitará la velocidad de vehículos en el camino de acceso y en los viales interiores de la obra a 20 Km/h.
- En caso necesario y a criterio del Técnico de Seguridad se procederá al regado de las pistas para evitar la formación de nubes de polvo.

En trabajos en altura

Es evidente que el trabajo en altura se presenta dentro de muchas de las actividades que se realizan en la ejecución de los trabajos contratados por los clientes y, como tal, las medidas preventivas relativas a los mismos serán tratadas conjuntamente con el resto de las que afectan a cada cual.

Sin embargo, dada elevada gravedad de las consecuencias que, generalmente, se derivan de las caídas de altura, se considera oportuno y conveniente remarcar, en este apartado concreto, las medidas de prevención básica y fundamental que deben aplicarse para eliminar, en la medida de lo posible, los riesgos inherentes a los trabajos en altura.

Destacaremos, entre otras, las siguientes medidas:

Para evitar la caída de objetos:

- Coordinar los trabajos de forma que no se realicen trabajos superpuestos.
- Ante la necesidad de trabajos en la misma vertical, poner las oportunas protecciones (redes, marquesinas, etc.).
- Acotar y señalizar las zonas con riesgo de caída de objetos.
- Señalizar y controlar la zona donde se realicen maniobras con cargas suspendidas, hasta que estas se encuentren totalmente apoyadas.
- Emplear cuerdas para el guiado de cargas suspendidas, que serán manejadas desde fuera de la zona de influencia de la carga, y acceder a esta zona sólo cuando la carga esté prácticamente arriada.

Para evitar la caída de personas:

- Se montarán barandillas resistentes en todo el perímetro o bordes de plataformas, forjados, etc. Por los que pudieran producirse caídas de personas.
- Se protegerán con barandillas o tapas de suficiente resistencia los huecos existentes en forjados, así como en paramentos verticales si estos son accesibles o están a menos de 1,5 m del suelo.
- Las barandillas que se quiten o huecos que se destapen para introducción de equipos, etc., se mantendrán perfectamente controlados y señalizados durante la maniobra, reponiéndose las correspondientes protecciones nada mas finalizar estas.
- Superficie de apoyo horizontal y resistente.
- Si son móviles, las ruedas estarán bloqueadas y no se trasladarán con personas sobre los mismos.
- Arriistrarlos a partir de cierta altura.
- A partir de 2 m de altura se protegerá todo su perímetro con rodapiés y quitamiedos colocados a 45 y 90 cm. Del piso, el cual tendrá, como mínimo, una anchura de 60 cm.
- No sobrecargar las plataformas de trabajo y mantenerlas limpias y libres de obstáculos.
- En altura (más de 2 m) es obligatorio utilizar cinturón de seguridad, siempre que no existan protecciones (barandillas) que impidan la caída, el cual estará anclado a elementos, fijos, móviles, definitivos o provisionales, de suficiente resistencia.
- Se instalarán cuerdas o cables fiadores para sujeción de los cinturones de seguridad en aquellos casos en que no sea posible montar barandillas de protección, o bien sea necesario el desplazamiento de los operarios sobre estructuras o cubiertas. En este caso se utilizarán cinturones de caída con arnés, provistos de absorción de energía.
- Las escaleras de mano cumplirán, como mínimo, las siguientes condiciones:
 - No tendrán rotos ni astillados largueros o peldaños. Dispondrán de zapatas antideslizantes.
 - La superficie de apoyo inferior y superior serán planas y resistentes.
 - Fijación o amarre por su cabeza en casos especiales y usar el cinturón de seguridad anclado a un elemento ajeno a esta.
 - Colocarla con la inclinación adecuada.
 - Con las escaleras de tijera, ponerle tope o cadena para que no se abran, no usarlas plegadas y no ponerse a caballo en ellas.

En trabajos con ferralla

- Los paquetes de redondos se acopiarán en posición horizontal, separando las capas con durmientes de madera y evitando alturas de pilas superiores a 1,50 m.
- No se permitirá trepar por las armaduras.
- Se colocarán tableros para circular por las armaduras de ferralla.

- No se emplearán elementos o medios auxiliares (escaleras, ganchos, etc.) hechos con trozos de ferralla soldada.

- Diariamente se limpiará la zona de trabajo, recogiendo y retirando los recortes y alambres sobrantes

del armado.

En trabajos de encofrado y desencofrado

- El ascenso y descenso a los encofrados se hará con escaleras de mano reglamentarias.

- No permanecerán operarios en la zona de influencia de las cargas durante las operaciones de izado y traslado de tableros, puntales, etc.

- Se sacarán o remacharán todos los clavos o puntas existentes en la madera usada.

- El desencofrado se realizará siempre desde el lado en que no puedan desprenderse los tableros y arrastrar al operario.

- Se acotará, mediante cinta de señalización, la zona en la que puedan caer elementos procedentes de las operaciones de encofrado o desencofrado.

En trabajos de hormigón

Vertidos mediante canaleta

- Instalar topes de final de recorrido de los camiones hormigonera para evitar vuelcos.

- No situarse ningún operario detrás de los camiones hormigonera en las maniobras de retroceso.

Vertido mediante cubo con grúa

- Señalizar con pintura el nivel máximo de llenado del cubo para no sobrepasar la carga admisible de la grúa.

- No permanecer ningún operario bajo la zona de influencia del cubo durante las operaciones de izado y transporte de este con la grúa.

- La apertura del cubo para vertido se hará exclusivamente accionando la palanca prevista para ello

Para realizar tal operación se usarán, obligatoriamente, guantes, gafas y, cuando exista riesgo de caída, cinturón de seguridad.

- El guiado del cubo hasta su posición de vertido se hará siempre a través de cuerdas guía.

Para la manipulación de materiales

- Informar a los trabajadores acerca de los riesgos más característicos de esta actividad, accidentes más habituales y forma de prevenirlos haciendo especialmente hincapié sobre los siguientes aspectos:

- Manejo manual de materiales.

- Acopio de materiales, según sus características.

- Manejo/acopio de materiales tóxico/peligrosos.

Para el transporte de materiales y equipos dentro de la obra

- Se cumplirán las normas de tráfico y límites de velocidad establecidas para circular por los viales de obra, las cuales estarán señalizadas y difundidas a los conductores.
- Se prohibirá que las plataformas y/o camiones transporten una carga superior a la identificada como máxima admisible.
- La carga se transportará amarrada con cables de acero, cuerdas o estrobos de suficiente resistencia.
- Se señalarán con banderolas o luces rojas las partes salientes de la carga y, de producirse estos salientes, no excederán de 1,50 m - En las maniobras con riesgo de vuelco del vehículo, se colocarán topes y se ayudarán con un señal
- Cuando se tenga que circular o realizar maniobras en proximidad de líneas eléctricas, se instalarán gálibos o topes que eviten aproximarse a la zona de influencia de las líneas.
- No se permitirá el transporte de personas fuera de la cabina de los vehículos.
- No se transportarán, en ningún caso, cargas suspendidas por la pluma con grúas móviles.
- Se revisará periódicamente el estado de los vehículos de transporte y medios auxiliares correspondientes.

Para la prefabricación, izado y montaje de estructuras, cerramientos y equipos

- Se señalarán y acotarán las zonas en que haya riesgo de caída de materiales por manipulación, elevación y transporte de los mismos.
- No se permitirá, bajo ningún concepto, el acceso de cualquier persona a la zona señalizada y acotada en la que se realicen maniobras con cargas suspendidas.
- El guiado de cargas/equipos para su ubicación definitiva, se hará siempre mediante cuerdas guía manejadas desde lugares fuera de la zona de influencia de su posible caída, y no se accederá a dicha zona hasta el momento justo de efectuar su acople o posicionamiento.
- Se taparán o protegerán con barandillas resistentes o, según los casos, se señalarán adecuadamente los huecos que se generen en el proceso de montaje.
- Se ensamblarán al nivel de suelo, en la medida (que lo permita la zona de montaje y capacidad de las grúas, los módulos de estructuras con el fin de reducir en lo posible el número de horas de trabajo en altura y sus riesgos.
- Los puestos de trabajo de soldadura estarán suficientemente separados o se aislarán con pantallas divisorias.
- La zona de trabajo, sea de taller o de campo, se mantendrá siempre limpia y ordenada.

- Los equipos/estructuras permanecerán arriostradas, durante toda la fase de montajes hasta que no se efectúe la sujeción definitiva, para garantizar su estabilidad en las peores condiciones previsibles.
- Los andamios que se utilicen cumplirán los requerimientos y condiciones mínimas definidas en este plan.
- Se instalarán cuerdas o cables fiadores para sujeción de los cinturones de seguridad en aquellos casos en que no sea posible montar plataformas de trabajo con barandilla, o sea necesario el desplazamiento de operarios sobre la estructura. En estos casos se utilizarán cinturones de caída con arnés, provistos de absorción de energía.

De cualquier forma, dado que estas operaciones y maniobras están muy condicionadas por el estado real de la obra en el momento de ejecutarlas, en el caso de detectarse una complejidad especial se elaborará un estudio de seguridad específico al efecto.

Para maniobras de izado y ubicación en obra de materiales y equipos

Las medidas de prevención a aplicar en relación con los riesgos inherentes a este tipo de trabajos, que ya se relacionaron, están contempladas y definidas en el punto anterior, destacando especialmente las correspondientes a:

- Señalizar y acotar las zonas de trabajo con cargas suspendidas.
- No permanecer persona alguna en la zona de influencia de la carga.
- Hacer el guiado de las cargas mediante cuerdas.
- Entrar en la zona de riesgo en el momento del acoplamiento.

En trabajos eléctricos

A continuación se detallan las pautas a tener en cuenta por todo aquel que manipule aparatos o instalaciones eléctricas:

- Asegurarse de que todo está en perfecto estado de conservación.
- No manipular instalaciones o aparatos eléctricos que estén mojados o húmedos.
- Cortar la corriente.
- Informar de las anomalías detectadas.
- No tratar de hacer reparaciones en los equipos eléctricos que no se conocen.
- No alterar ni modificar los equipos de seguridad.

Las medidas de prevención a adoptar, por todo aquel que esté en contacto con instalaciones o aparatos eléctricos, dependerá del tipo de contacto, bien directo o indirecto y de la tensión, baja o alta.

Protección contra contactos eléctricos directos en baja tensión

Antes de iniciar cualquier trabajo en baja tensión, se procederá a identificar el conductor o instalación en donde se tiene que efectuar el mismo.

Además del equipo de protección personal (gafas, cascos), se empleará en cada caso el material de seguridad más adecuado entre los siguientes:

Guantes aislantes.

Banquetas o alfombras aislantes.

Vainas o caperuzas aislantes.

Comprobadores o discriminadores de tensión.

Lámparas portátiles.

Transformadores de seguridad.

Material de señalización.

Para considerar adecuada en las instalaciones la protección contra los contactos directos, se tomará una de las siguientes medidas:

Alejamiento de las partes activas de la instalación a una distancia tal que sea imposible un contacto fortuito con las manos, o por la manipulación de objetos conductores, cuando éstos se utilicen habitualmente cerca de la instalación.

Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación.

Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado. Las pinturas, barnices, lacas y productos similares, no serán considerados como aislamiento satisfactorio a estos efectos.

Protección contra contactos eléctricos indirectos

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales o emplazamiento, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación..., que obligarán, en cada caso, a adoptar las medidas de protección más adecuadas.

En aquellas instalaciones con tensiones superiores a 50 Voltios resulta preceptivo establecer sistemas de protección contra contactos indirectos.

Existen dos clases de sistemas de protección:

Clase A: consiste en suprimir el riesgo, haciendo que los contactos no sean peligrosos e impedir contactos simultáneos entre masas y elementos conductores.

Los sistemas de protección de la clase A son los siguientes:

Separación de circuitos.

Empleo de pequeñas tensiones de seguridad.

Separación entre las partes activas y las masas accesibles, por medio de aislamientos de protección.

Inaccesibilidad simultánea de elementos conductores y masas.

Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección.

Clase B: consiste en la puesta a tierra directa o la puesta a neutro de las masas, asociándole a un dispositivo de corte automático, que origine la desconexión de la instalación defectuosa.

Los sistemas de protección de la clase B son los siguientes:

Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto.

Puesta a neutro de las masas y dispositivo de corte por intensidad de defecto.

c. Medidas frente al riesgo de daños a terceros

Contra el daño a personas ajenas a la obra se tomarán las siguientes medidas:

- Vallado perimetral: se colocará una valla en los dos accesos al túnel (norte y sur), que contará cada uno con una puerta con cerradura que solamente podrá mantenerse abierta en el momento en el que haya trabajadores operando en la obra. La valla deberá superar la altura de 2 metros. La puerta será doble y lo suficientemente ancha como para permitir el cruce de dos camiones de 3 metros de anchura.
- Carteles informativos: se colocarán carteles de "Peligro" y de "Prohibido el paso a personal ajeno a la obra" en los accesos a las zonas de trabajo.

D. CONCLUSIÓN Y FIRMA

Se ha identificado la existencia de riesgos evitables y consecuentemente se han establecido las medidas adecuadas para evitarlos. Se han relacionado los riesgos inevitables y se han descrito las protecciones y métodos de trabajo adecuados para minimizarlos, evaluando en cada caso la eficacia de las soluciones adoptadas. Se han hecho las previsiones e indicaciones oportunas para que los previsibles trabajos posteriores de mantenimiento de lo edificado se desarrollen con seguridad.

Se ha definido la prevención asistencial y las pautas de actuación en caso de accidente laboral. Se ha establecido un sistema de listas de chequeo para que la implantación de este estudio, se desarrolle correctamente. Así mismo, se ha determinado un plan de información y divulgación de los métodos de trabajo adecuados para evitar los accidentes laborales.

Se han dictado las condiciones técnicas que deben cumplir los equipos de protección colectiva e individual a utilizar durante la obra, y los procedimientos de trabajo de obligado cumplimiento en las distintas unidades de obra descritas.

En cualquier caso, concluimos que todo lo anteriormente descrito, no es efectivo sin la implicación de todos los participantes en el proceso de ejecución de la obra. Para ello se destaca la importancia de concienciar adecuadamente a los trabajadores de la necesidad de trabajar con seguridad y evitar así los riesgos laborales.

Neel Marck Vargas Eufracio

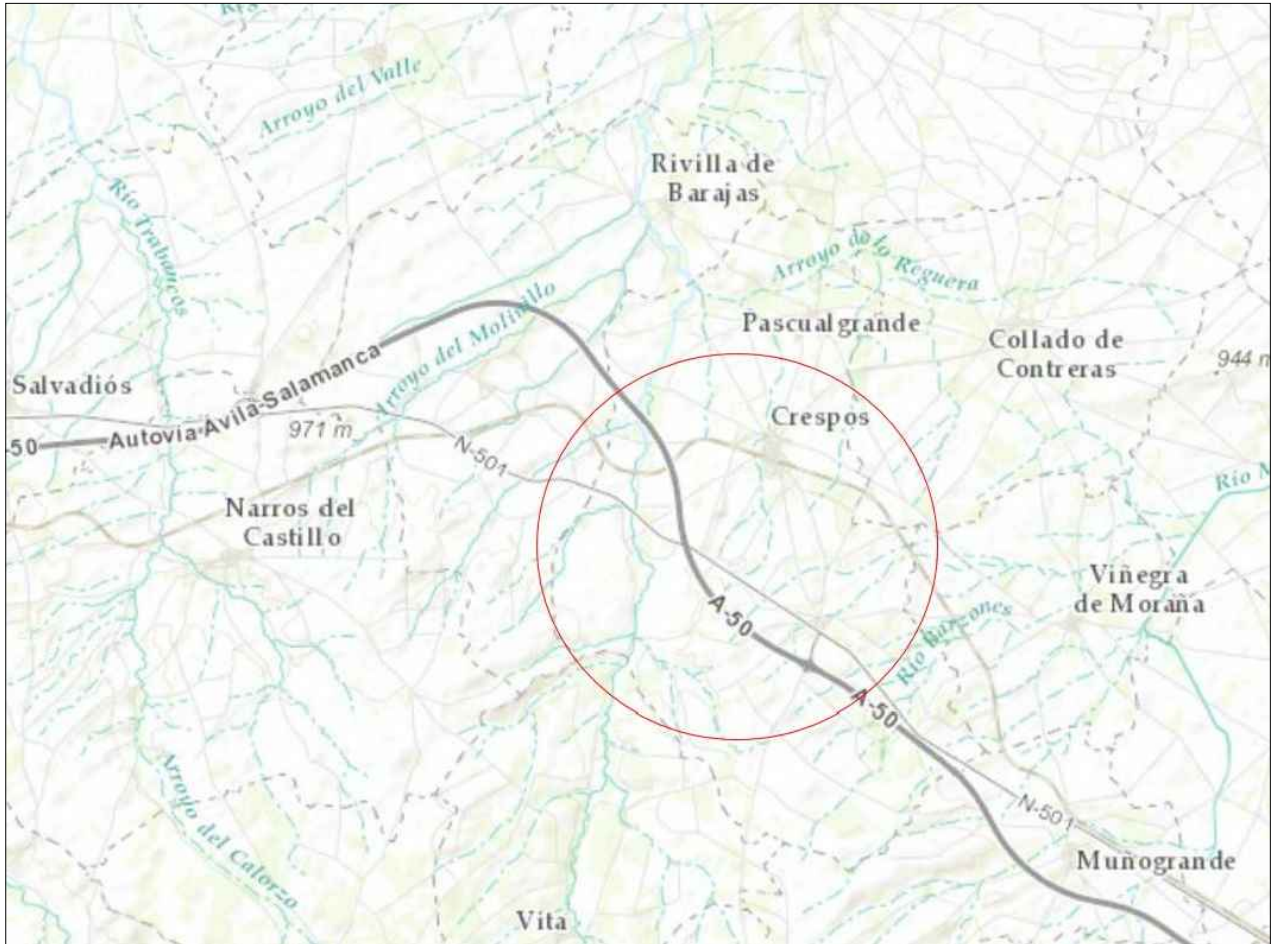
En Béjar; Septiembre del 2017.


X. PLANOS

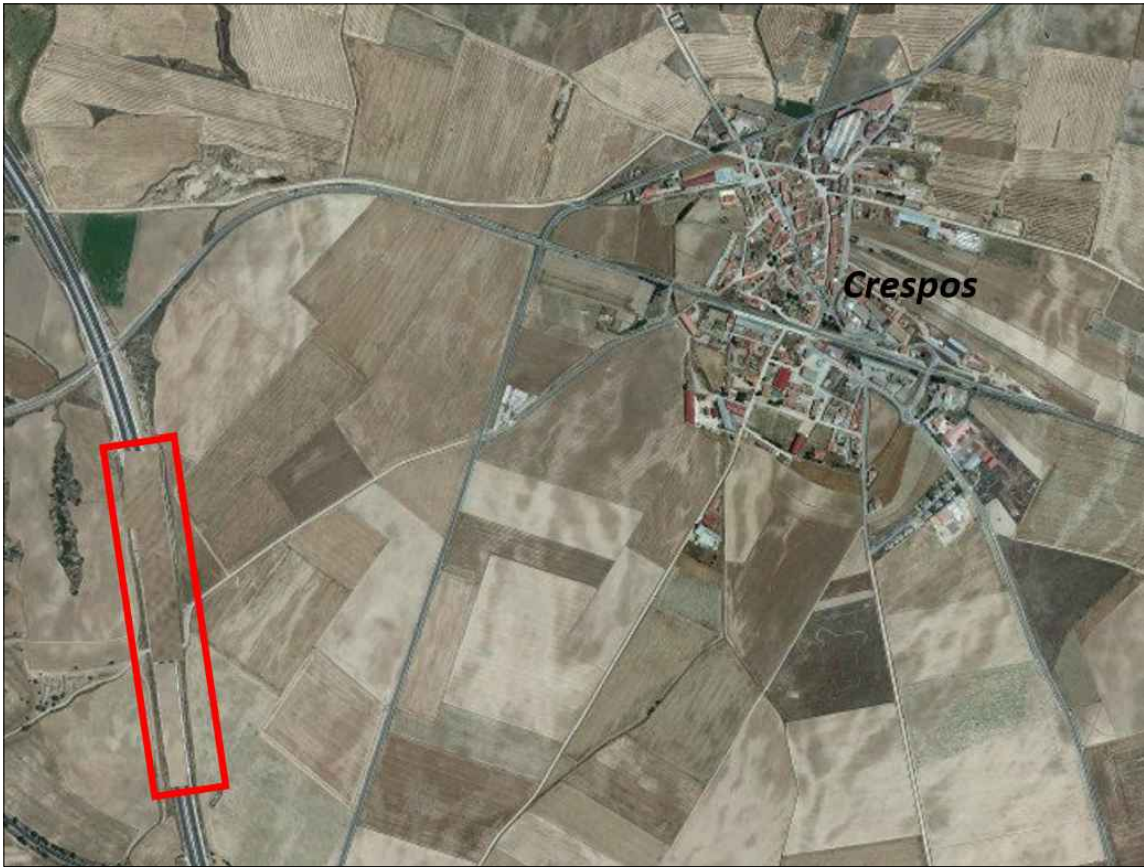
1: Situación	222
2: Emplazamiento	223
3: Localización en planta de recintos y centros de seccionamiento	224
4: Sección de túneles y detalles	225
5: Señalización accesos exteriores a cada túnel	226
6: Localización en planta de hidrantes, BIE's, megáfonos, señalización de salida y postes SOS	227
7: Escape de humos grupo electrógeno (sección de túnel)	228
8: Localización bandejas perforadas vista planta	229
9: Posición de ventiladores y extractores vista planta	230
10: Centro de seccionamiento	231
11: Centro de transformación	232
12: Esquema unifilar media tensión	233
13: Planta de puestas a tierra: centro de transformación, centro de seccionamiento y recintos de protección y control	234
14: Recintos de grupo electrógeno y SAI, de transformación y de control y protección; posición y numeración iluminación interior de recintos	235
15: Cuadro general de mando y protección (C_GMP) ...	236
16: Cuadro de extracción (C_EXTRACCIÓN)	237
17: Cuadro de ventilación (C_VENTILACIÓN)	238
18: Cuadro de SAI (C_SAI)	239
19: Cuadro de alumbrado sur (C_ALUM_SUR)	240
20: Cuadro de alumbrado norte (C_ALUM_NOR)	241
21: Distribución de detectores de humo y temperatura y detectores de CO en entrada túnel sur	242
22: Distribución de detectores de humo y temperatura y detectores de CO en salida túnel norte	243
23: Planta de disposición de luminarias de emergencia (entrada sur, salida norte y pasillo de evacuación 1)	244
24: Planta de disposición de luminarias de emergencia (salida sur, entrada norte y pasillo de evacuación 2)	245
25: Planta de situación de las luminarias exteriores del túnel	246
26: Planta de la disposición de luminarias del primer escalón S1 (0-120m túnel sur)	247
27: Planta de la disposición de luminarias del primer escalón S2 (120-160m túnel sur)	248
28: Planta de la disposición de luminarias del primer escalón S3 (160-210m túnel sur)	249
29: Planta de la disposición de luminarias del primer escalón S4 (210-260m túnel sur)	250
30: Planta de la disposición de luminarias del primer escalón S5 (260-310m túnel sur)	251
31: Planta de la disposición de luminarias del primer escalón S6 (310-600m túnel sur)	252
32: Planta de la disposición de luminarias del primer escalón N1 (480-600m túnel norte)	253
33: Planta de la disposición de luminarias del primer	254

X.PLANOS

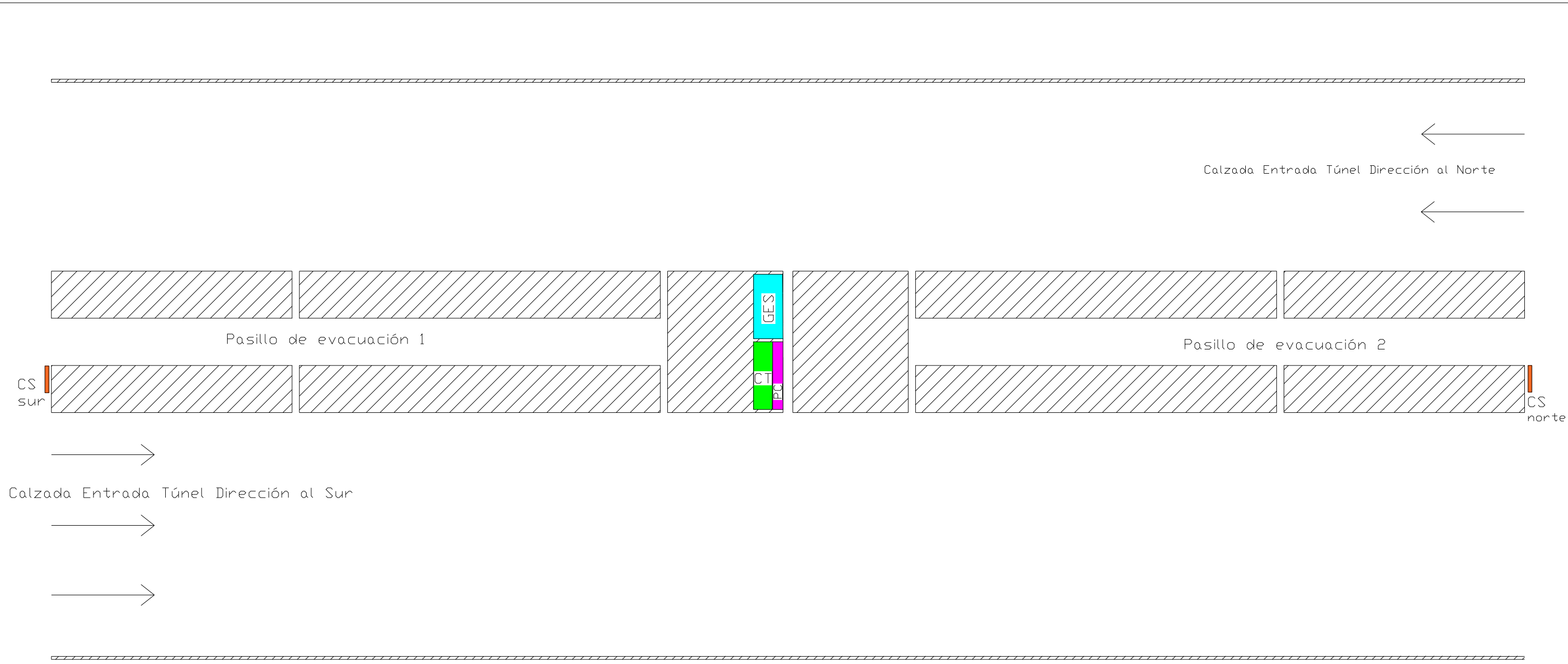
escalón	N2	(440-480m	túnel	norte)	
.....					
34: Planta de la disposición de luminarias del primer					255
escalón	N3	(400-440m	túnel	norte)	
.....					
35: Planta de la disposición de luminarias del primer					256
escalón	N4	(360-400m	túnel	norte)	
.....					
36: Planta de la disposición de luminarias del primer					257
escalón	N5	(310-360m	túnel	norte)	
.....					
37: Planta de la disposición de luminarias del primer					258
escalón N6 (0-310m túnel norte)				



PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR		1
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	SITUACIÓN		1/50000

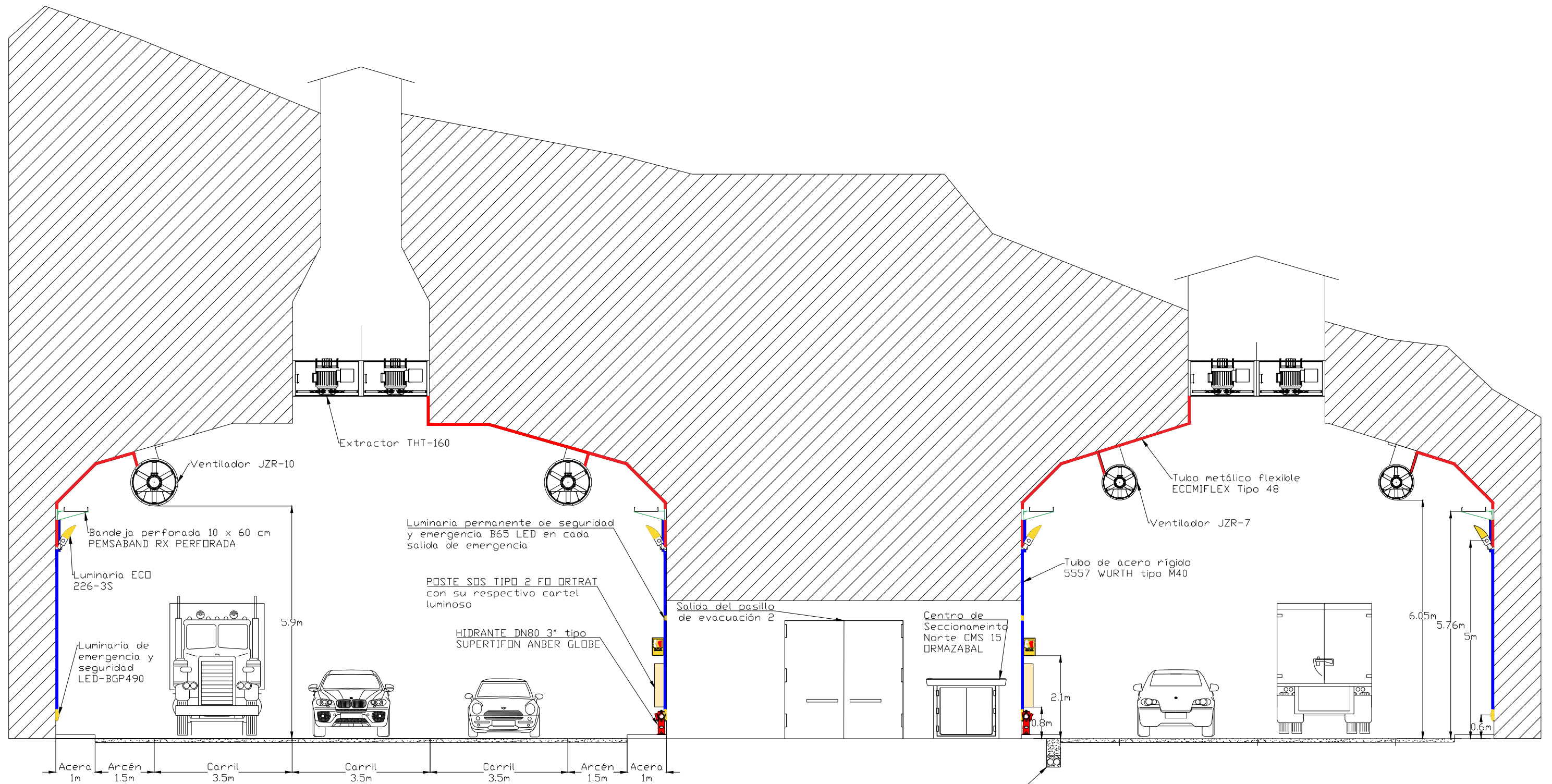


PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR		2
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	EMPLAZAMIENTO		1/10000



CS	CENTRO DE SECCIONAMIENTO
CT	RECINTO DE TRANSFORMACIÓN
GES	RECINTO DE GRUPO ELECTRÓGENO Y SAI
PC	RECINTO DE PROTECCIÓN Y CONTROL

PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		3
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE RECINTOS Y CENTROS DE SECCIONAMIENTO		Horizontal: 1/1600 Vertical: 1/250

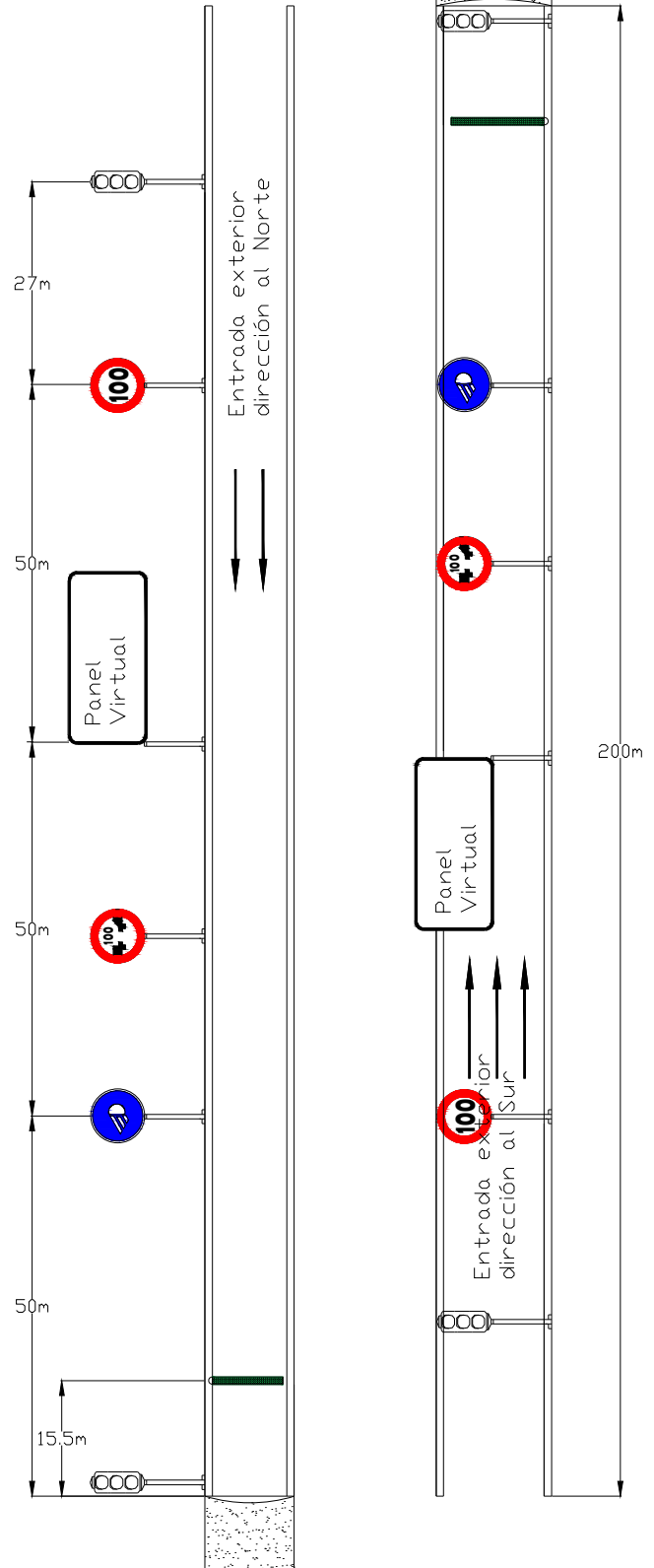
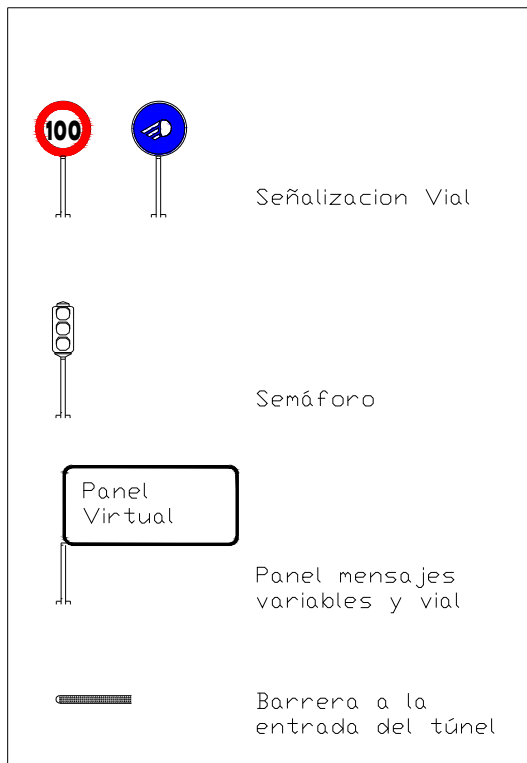



TUNEL SUR: Dirección al sur

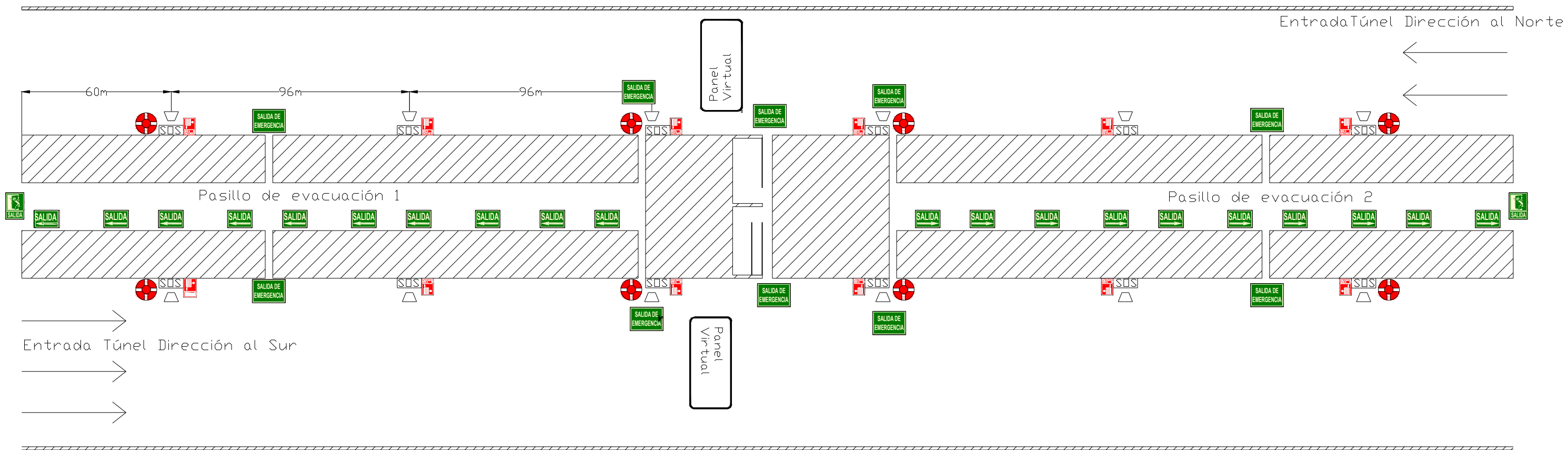
IBERDROLA MTD2.51.01 Canalización subterránea tubo 160 mm D MT y tubo 160 mm D BT circuitos para cargas en exterior de túneles.





TUNEL NORTE: Dirección al norte



PETICIONARIO	ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		4
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	SECCIÓN DE TUNELES Y DETALLES		1/100



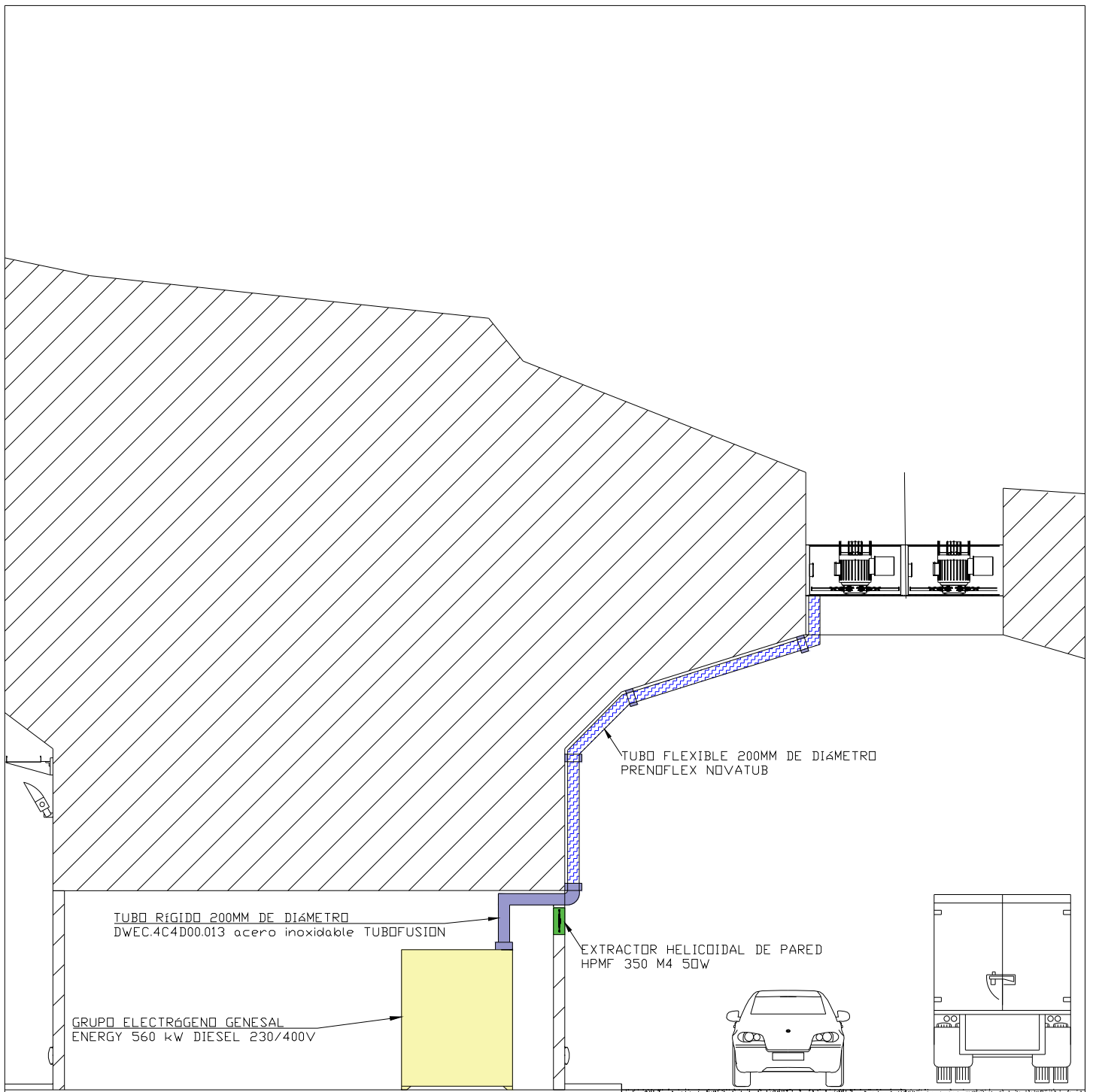
PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO Nº
TUTORES	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR		5
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	SEÑALIZACIÓN ACCESOS EXTERIORES A CADA TÚNEL		---




-  HIDRANTE
-  BIE BOCA DE INCENDIOS EQUIPADA 40m DE MANGUERA
-  MEGÁFONO 80W 500m de alcance
-  Poste SOS tipo 2 F0
Doble altavoz micrófono incorporado
Fuente de alimentación con baterías para 6 horas de autonomía
Pulsador de comunicaciones ZB2-BR3
Extintores de polvo seco tipo A,B,C (2 Uds.)

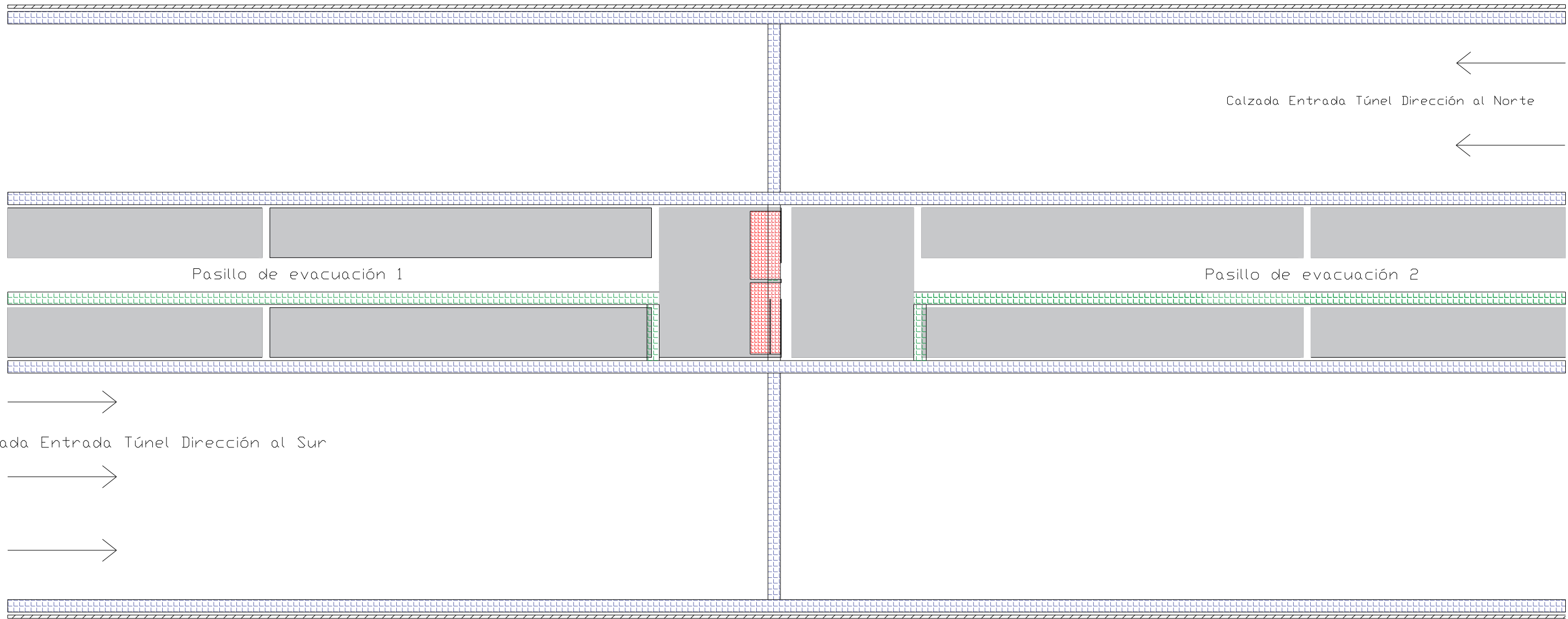
Pulsador de alarma de incendios en el frontal del poste SOS
-  Panel Virtual Panel virtual para tráfico y avisos importantes no inferior a 5m de altura
-  SEÑAL DE SALIDA ADHESIVA BRILLA EN LA OSCURIDAD UBICADA SOBRE LAS LUMINARIAS DE EMERGENCIA PERMANENTES B65 LED LVS2 LEGRAND

PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		6
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	LOCALIZACIÓN EN PLANTA DE HIDRANTES, BIE'S, MEGÁFONOS, SEÑALIZACIÓN DE SALIDA Y POSTES SOS		---



TUNEL NORTE: Dirección al norte

PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR		7
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	ESCAPE DE HUMOS GRUPO ELECTRÓGENO Y EXTRACTOR HELICOIDAL DE PARED (sección de túnel)		1/100



→
Calzada Entrada Túnel Dirección al Sur

→

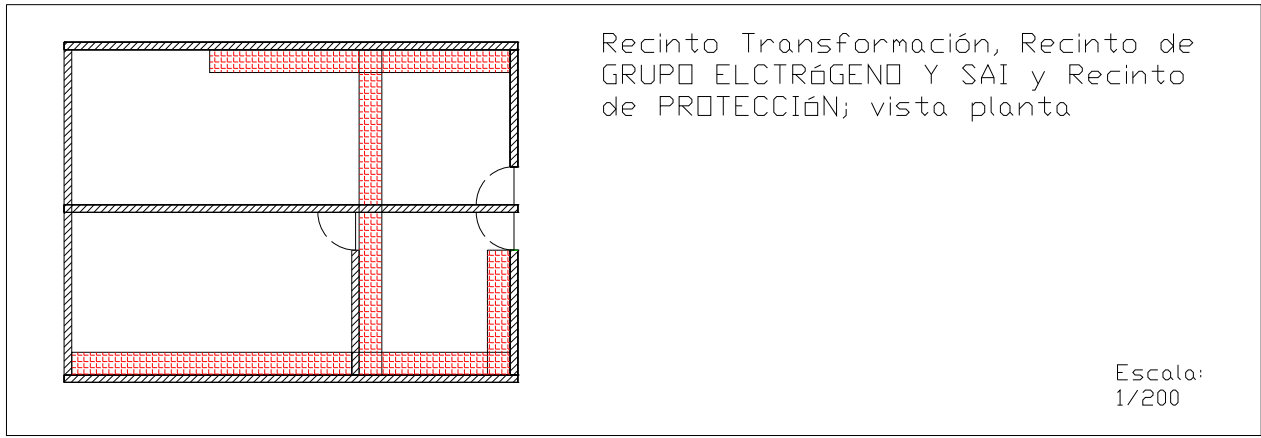
→




←
Calzada Entrada Túnel Dirección al Norte


←

Pasillo de evacuación 1




Pasillo de evacuación 2




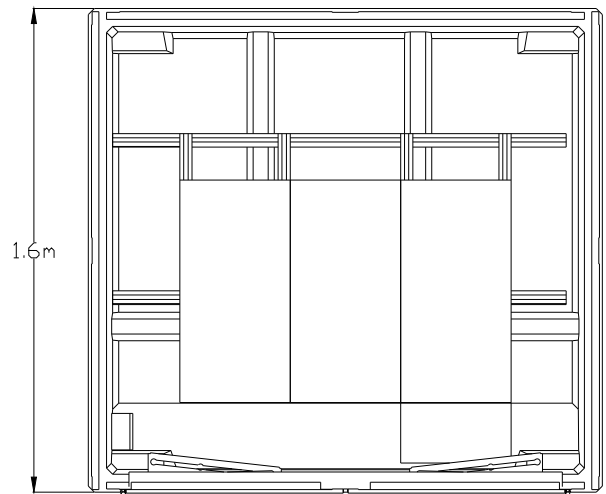
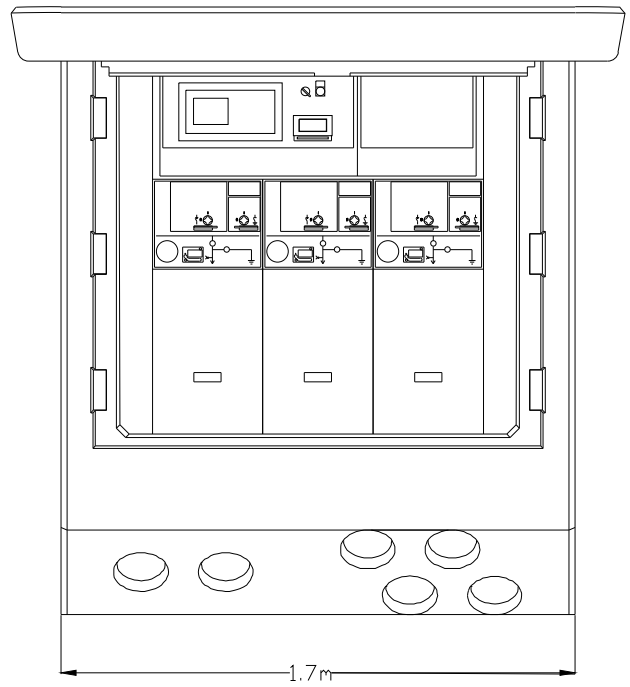
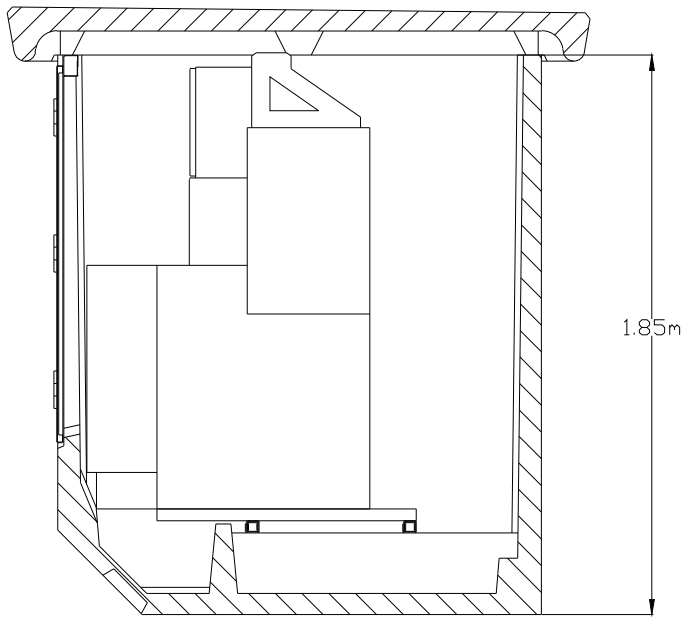
-  BANDEJA estanca IPX4 con tapa 100X600mm GC A 5.76m DE ALTURA
-  BANDEJA estanca IPX4 con tapa 60X100mm GS A 3.2m DE ALTURA
-  BANDEJA estanca IPX4 con tapa 100X600mm GC A 3m DE ALTURA UBICADA ALREDEDOR DE LAS PAREDES DEL Centro de Transformación, Recinto de GRUPO ELCTRÁGENO Y Recinto DE PROTECCIÓN


PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		8
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	LOCALIZACIÓN BANDEJAS PERFORADAS VISTA PLANTA		Horizontal: 1/1600 Vertical: 1/250

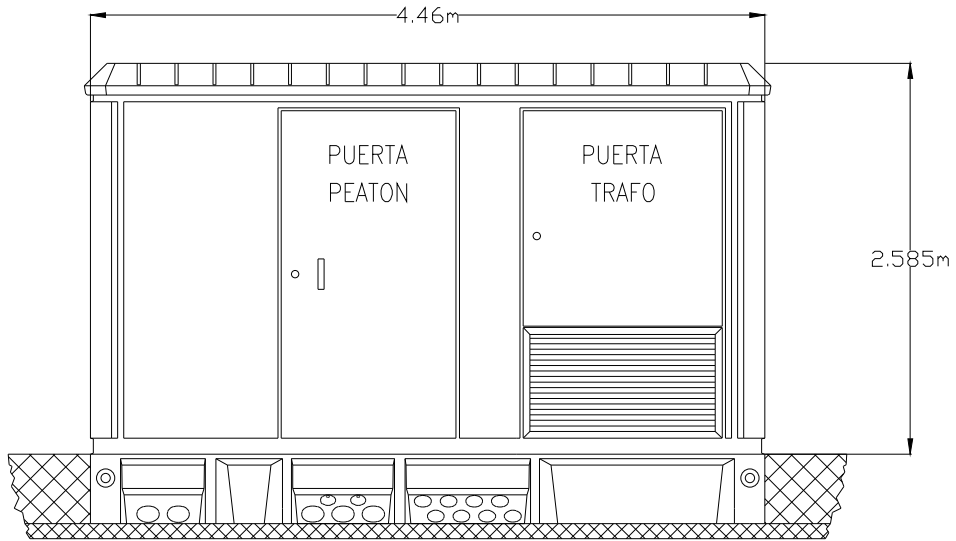


 Ventilador Longitudinal JZR 7-22/4 ubicados en túnel norte
 Ventilador Longitudinal JZR 10-22/4 ubicados en túnel sur
 6 Ventiladores Extractores THT-160-6T/6-20 ubicados en cada túnel

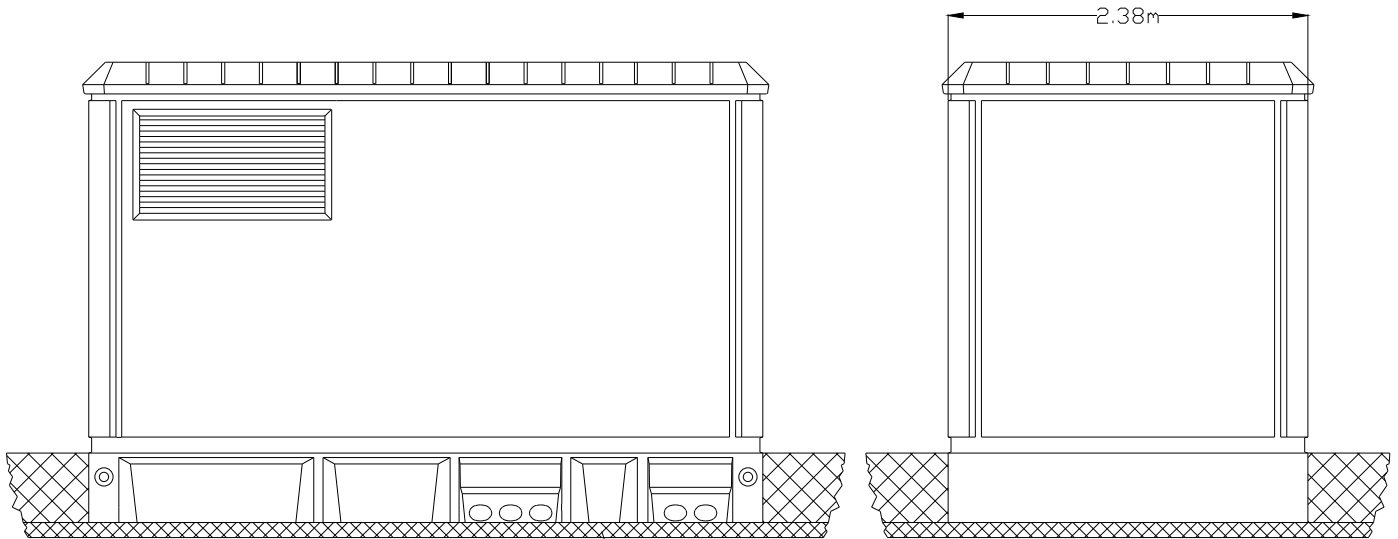
PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		9
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	POSICIÓN DE VENTILADORES Y EXTRACTORES VISTA PLANTA		Horizontal: 1/1600 Vertical: 1/250



PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO Nº
TUTORES	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR		10
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	CENTRO DE SECCIONAMIENTO (CS) ORMAZABAL CMS15 IBERDROLA		1/25



VISTA FRONTAL

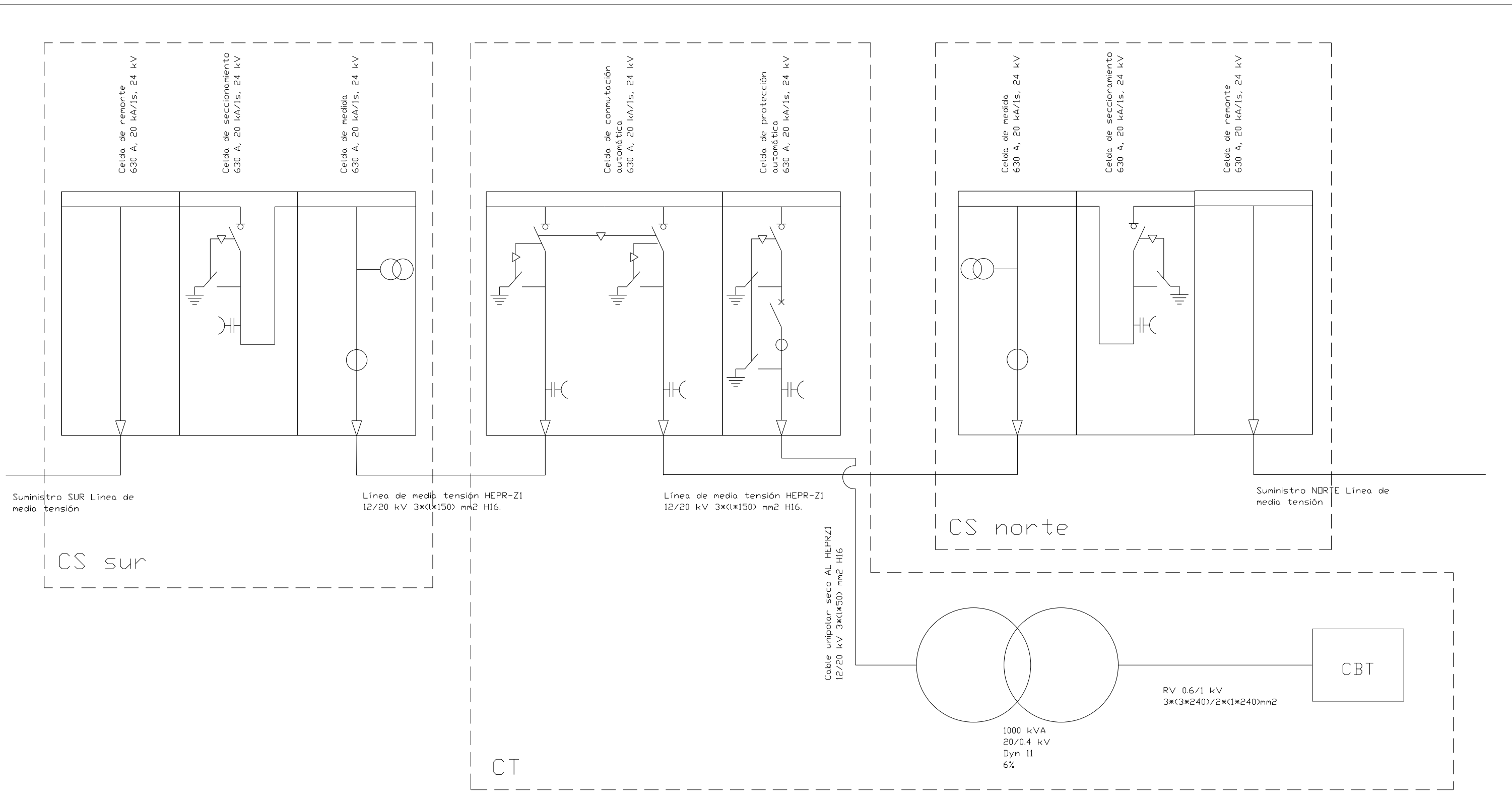


VISTA POSTERIOR

Arena de nivelación









VISTA LATERAL
DERECHA

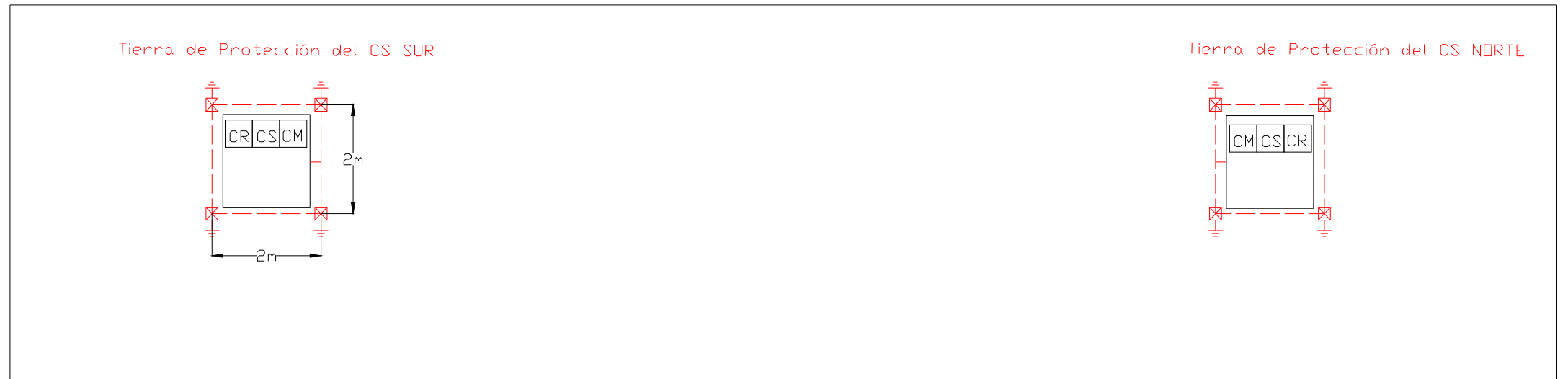
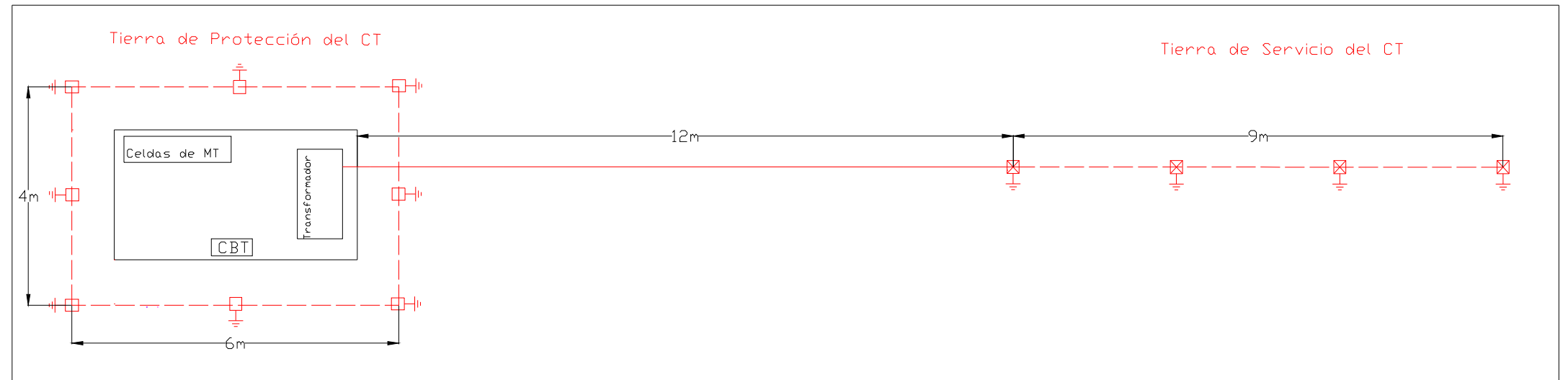
PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO Nº
TUTORES	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR		11
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (CT) ORMAZABAL PFU4 IBERDROLA		1/50



CS sur: CENTRO DE SECCIONAMIENTO SUR
 CS norte: CENTRO DE SECCIONAMIENTO NORTE
 CT: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		12
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	ESQUEMA UNIFILAR DE MEDIA TENSIÓN		---

	Conductor aislado de Cu 50mm ² , profundidad de 0,8m
	Conductor desnudo de Cu 50mm ² , profundidad de 0,8m
	Cuadro de Baja Tensión
	Pica de Tierra L=4000mm/D=14,2mm
	Pica de Tierra L=2000mm/D=14,2mm
	Celda de Remonte
	Celda de Medida
	Celda de Seccionamiento



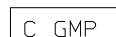
PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		13
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA	ESCALA	
PLANO	PLANTA DE PUESTAS A TIERRA: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN,	1/100	

 Interruptor

 Toma de fuerza
3000W

 Luminaria Interior
Philips BGP490
LLM3200 altura 3.5m

-RECINTO DE PROTECCIÓN Y CONTROL

 C_GMP Cuadro General de Mando y Protecciones

 C_ALU_SUR Cuadro de Alumbrado Sur

 C_ALU_NOR Cuadro de Alumbrado Norte


 CONTROL LOGO ARMARIO CONTROL LOGO

 CONTROL EQUIPO DE CARRETERA ARMARIO CONTROL DE EQUIPOS DE CARRETERA

 C_EXTRACCIÓN C_EXTRACCIÓN: Cuadro de Extracción

 C_VENTILACIÓN C_VENTILACIÓN: Cuadro de Ventilación

-RECINTO GRUPO ELECTRÓGENO Y SAI

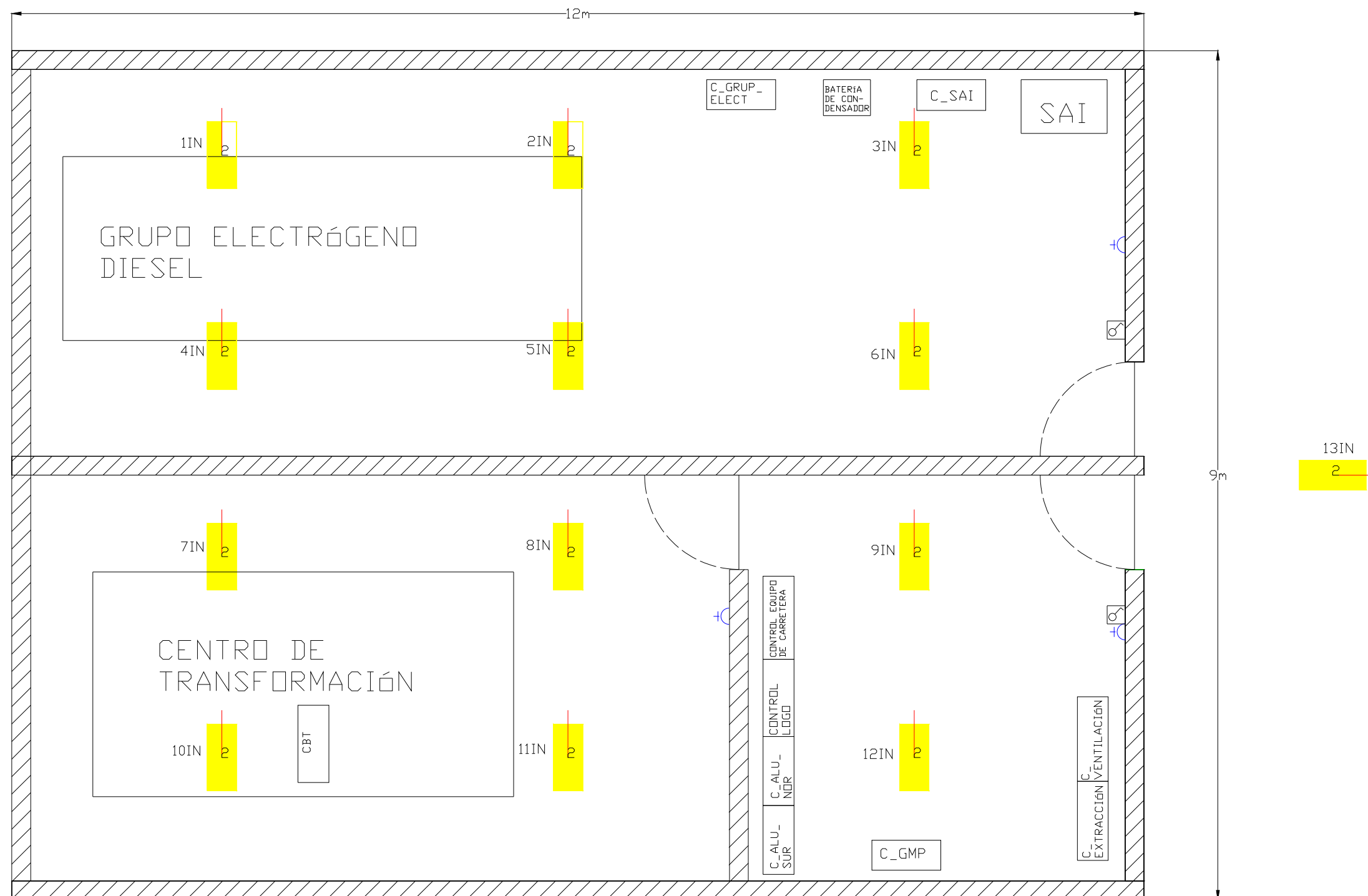
 C_SAI C_SAI: CUADRO DEL SAI


 C_GRUP-ELECT C_GRUP-ELECT: Cuadro de Grupo Electrónico

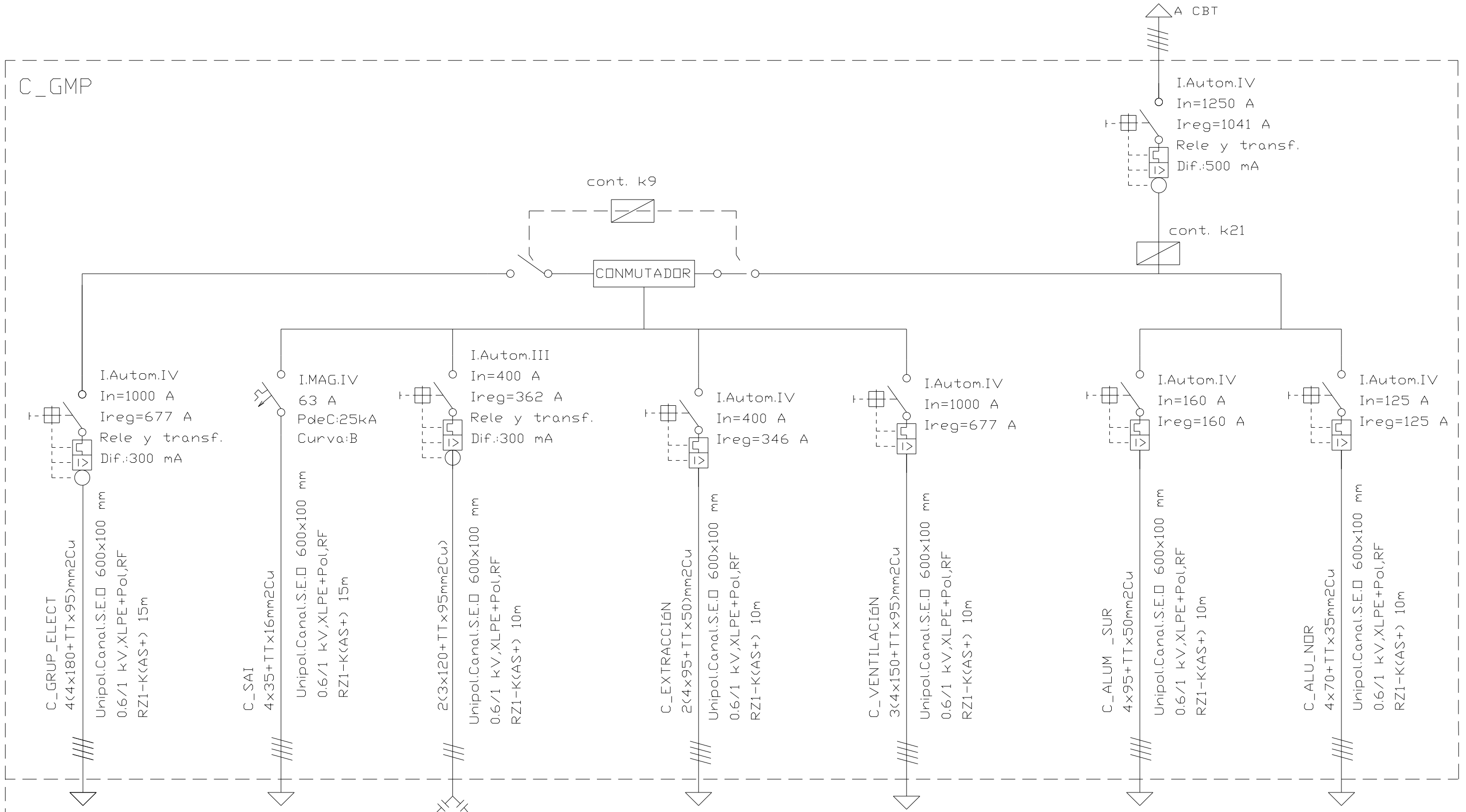
-RECINTO DE TRANSFORMACIÓN

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (C.T.)


 CBT CBT: CUADRO DE BAJA TENSIÓN

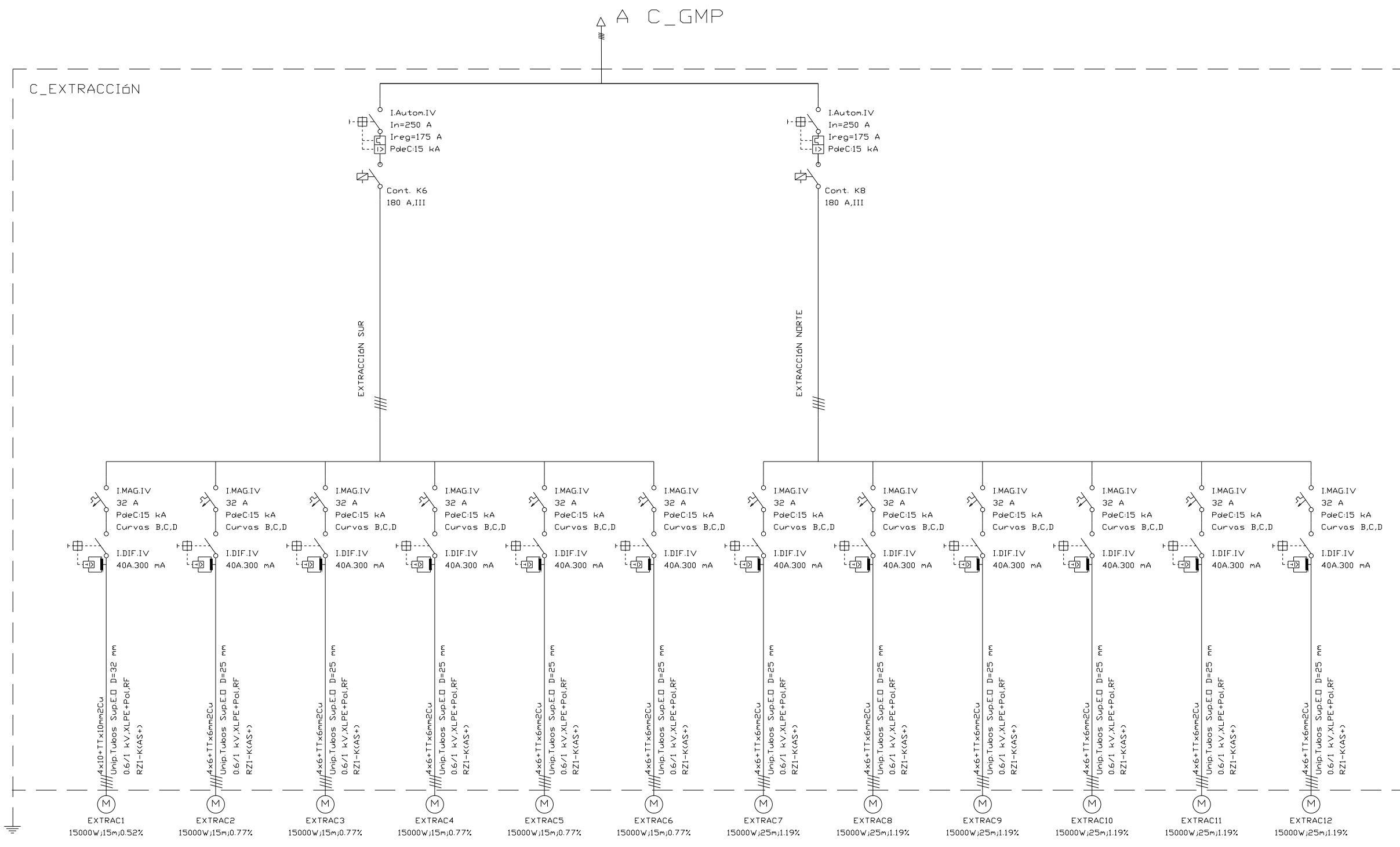


PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		14
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	RECINTOS DE GRUPO ELECTRÓGENO Y SAI, DE TRANSFORMACIÓN Y DE CONTROL Y PROTECCIÓN; POSICIÓN Y NUMERACIÓN LUCES INTERIORES		1/50



Bateria Condensadores
325 kvar

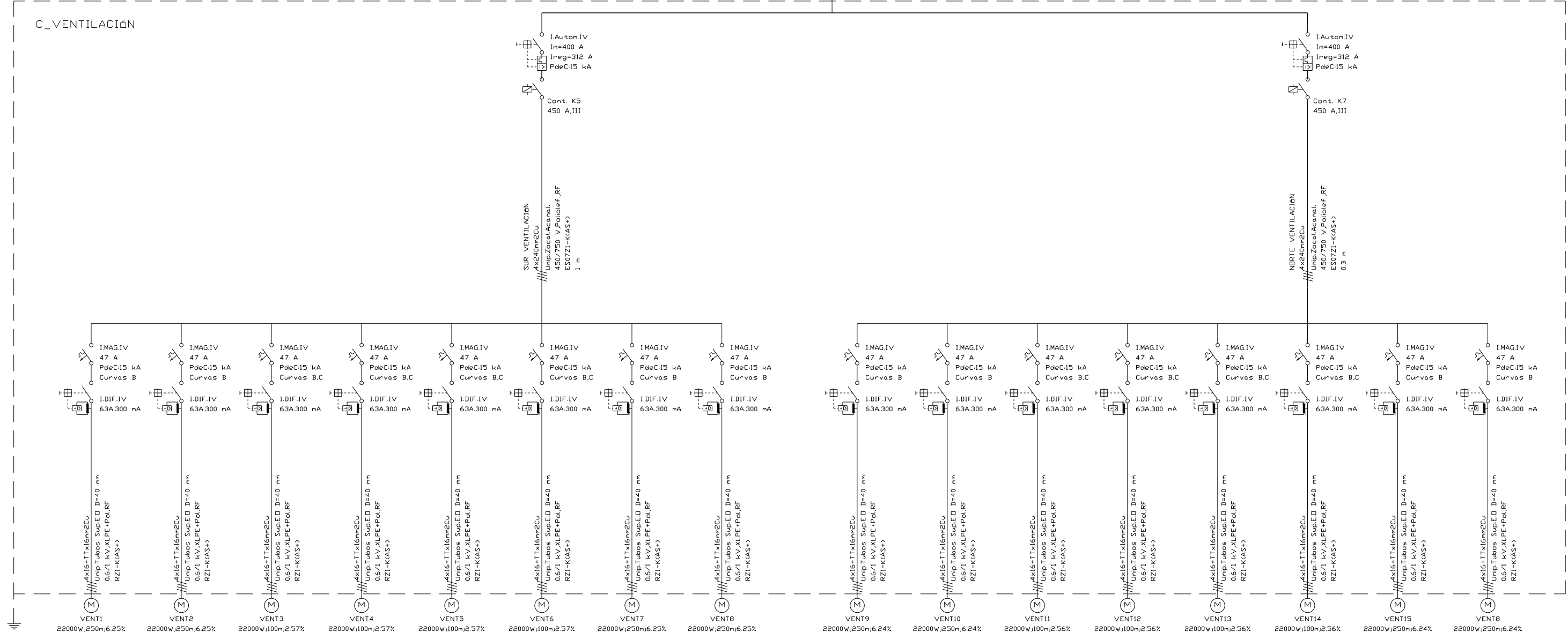
PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		15
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		ESCALA
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		
PLANO	CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN C_GMP		---




PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		16
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	CUADRO DE EXTRACCIÓN C_EXTRACCIÓN		----

A C_GMP

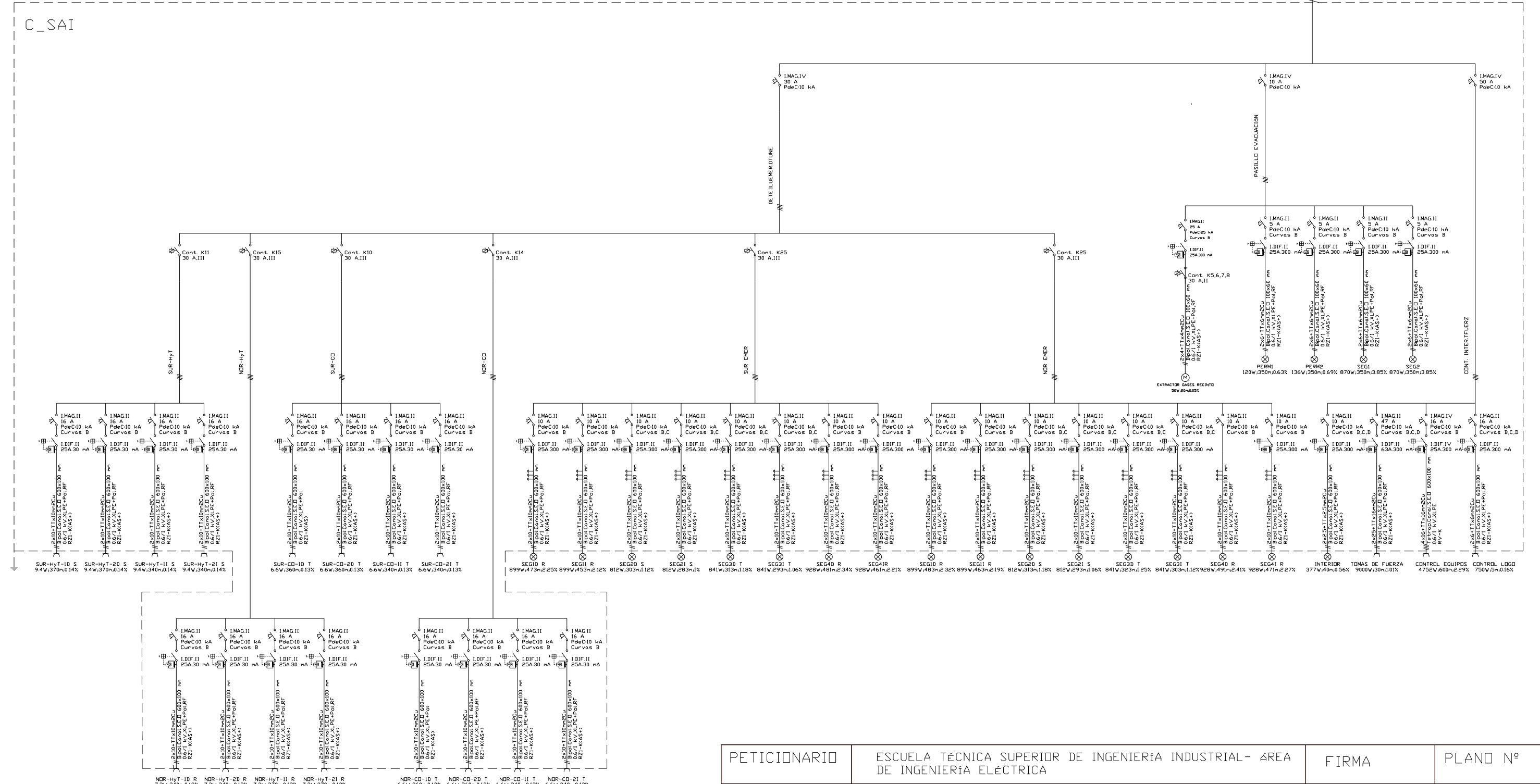
C_VENTILACIÓN



PETICIONARIO	ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		17
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	CUADRO DE VENTILACIÓN C_VENTILACIÓN		---


A C_GMP

C_SAI

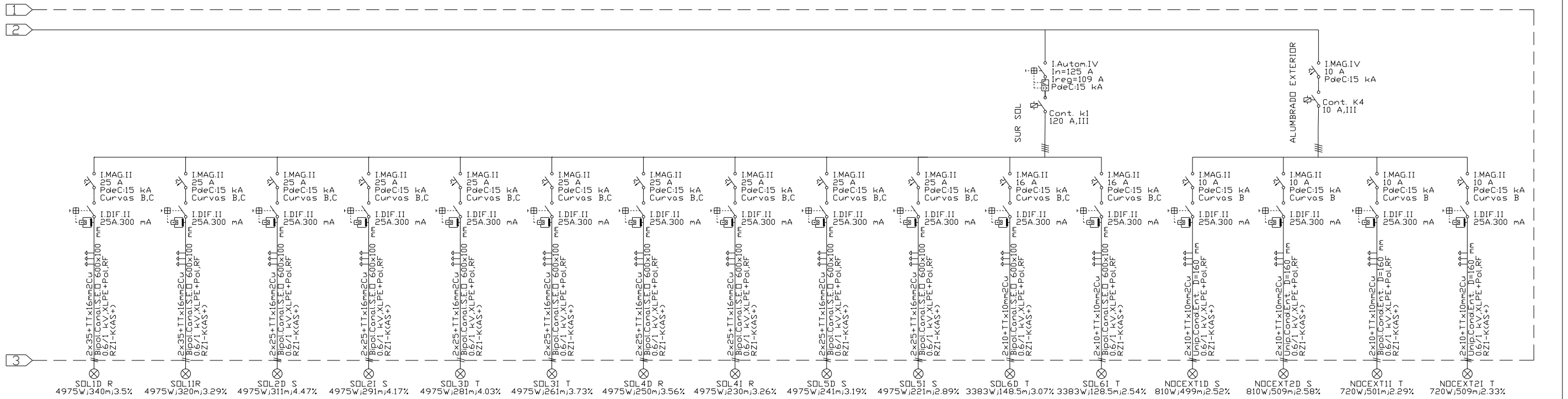
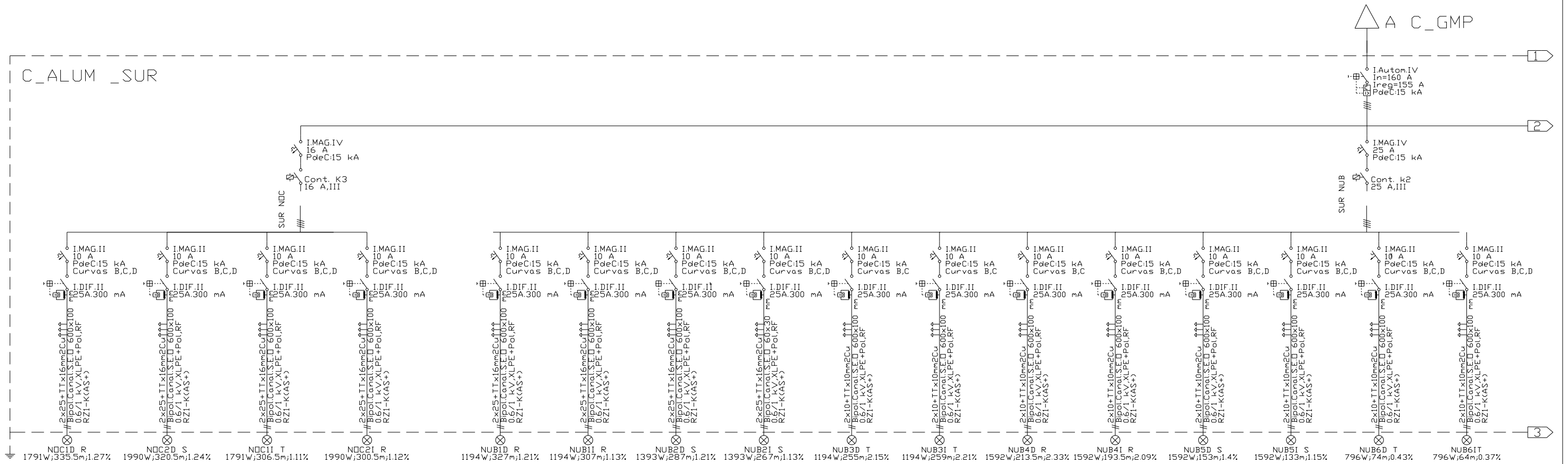


NDR-HYT-10 R 7.2W,340m,0.13% NDR-HYT-20 R 7.2W,340m,0.13% NDR-HYT-11 R 7.2W,370m,0.13% NDR-HYT-21 R 7.2W,370m,0.13%

NDR-CO-10 T 6.6W,360m,0.13% NDR-CO-20 T 6.6W,360m,0.13% NDR-CO-11 T 6.6W,340m,0.13% NDR-CO-21 T 6.6W,340m,0.13%

PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		18
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	CUADRO DE SAI C_SAI		----

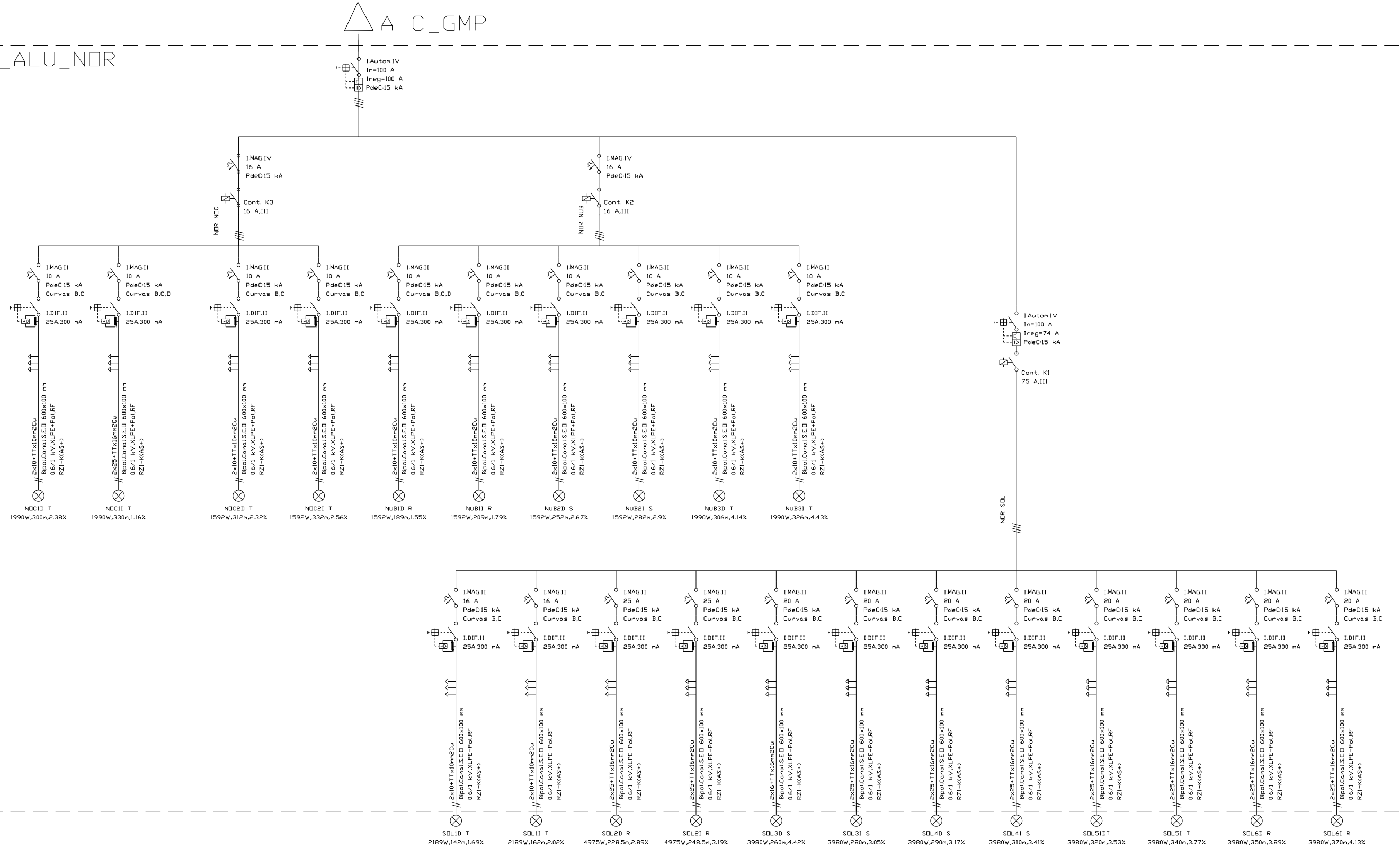
C_ALUM_SUR




PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		19
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	CUADRO DE ALUMBRADO SUR C_ALUM_SUR		----


C_ALU_NOR


A C_GMP



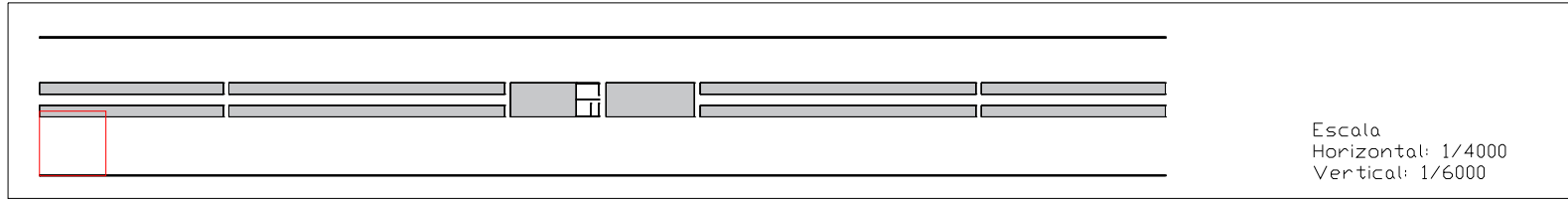
PETICIONARIO	ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		20
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	CUADRO DE ALUMBRADO NORTE C_ALUM_NOR		---



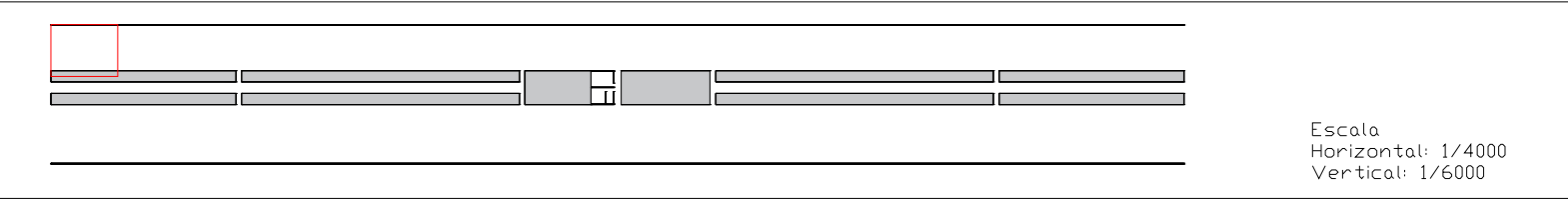
 DTH: DETECTOR DE TEMPERATURA Y HUMO (MCD 573X-SP) UBICADA A 8m DE ALTURA; 155 DETECTORES A CADA LADO DEL TUNEL SUR CON UNA SEPARACIÓN DE 3.89m entre ellas.


 DCO: DETECTOR DE CO (CODET 12-24) UBICADAS A LA MISMA ALTURA QUE LOS DTH; 31 DETECTORES A CADA LADO DEL TUNEL SUR CON UNA SEPARACIÓN DE 19.47m entre ellas


La distribución en distancias y numeración continuará a lo largo del túnel sur.



PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		21
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	DISTRIBUCIÓN DE DETECTORES DE HUMO Y TEMPERATURA Y DETECTORES DE CO EN ENTRADA TUNEL SUR		1/100

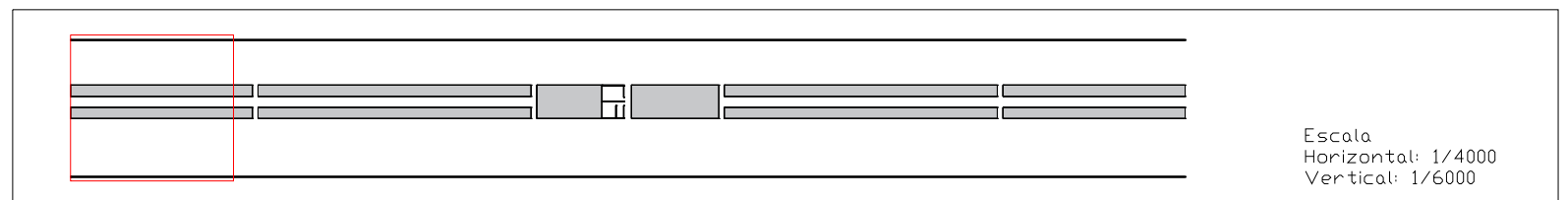
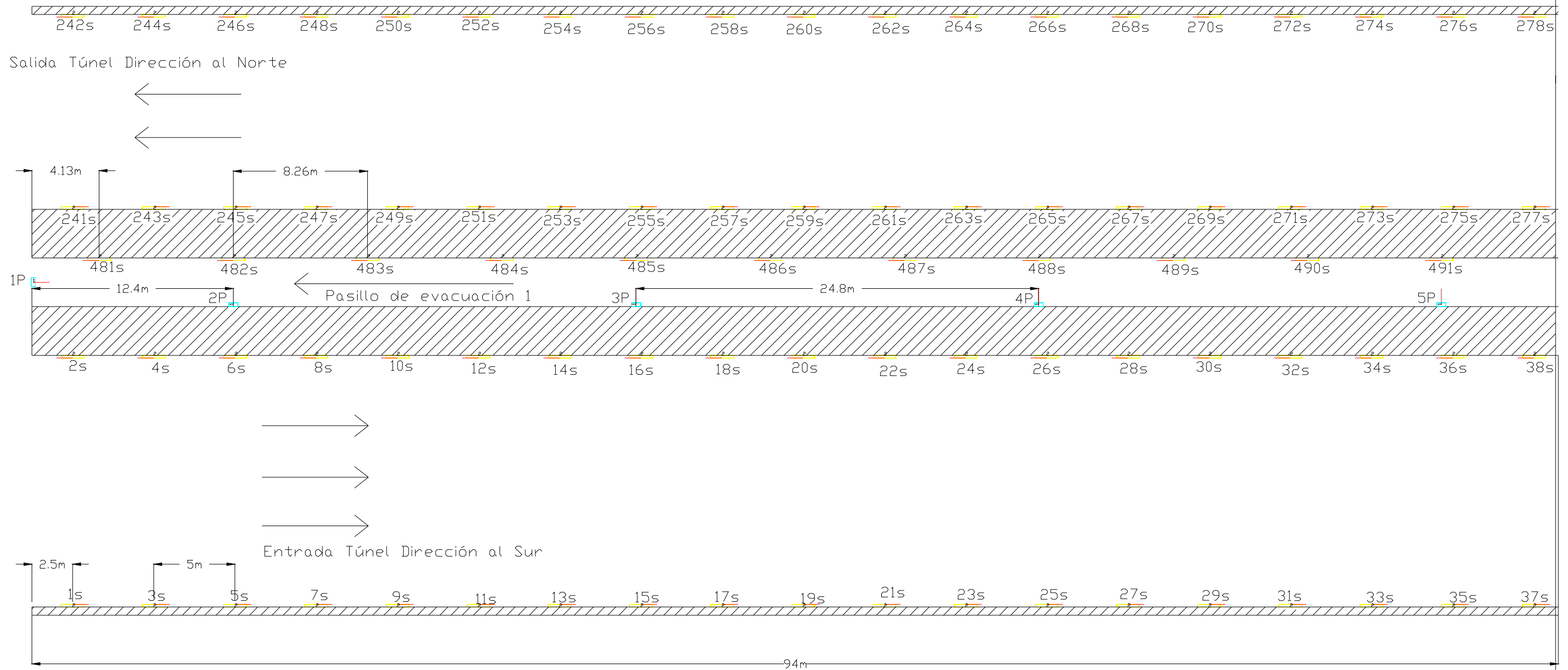



 DTH: DETECTOR DE TEMPERATURA Y HUMO (MCD 573X-SP) UBICADA A 8m DE ALTURA; 120 DETECTORES A CADA LADO DEL TUNEL NORTE CON UNA SEPARACIÓN DE 5,03m ENTRE ELLOS.


 DCO: DETECTOR DE CO (CODET 12-24) UBICADAS A LA MISMA ALTURA QUE LOS DTH; 24 DETECTORES A CADA LADO DEL TUNEL NORTE CON UNA SEPARACIÓN DE 25,19m ENTRE ELLOS.


La distribución en distancias y numeración continuará a lo largo del túnel norte.

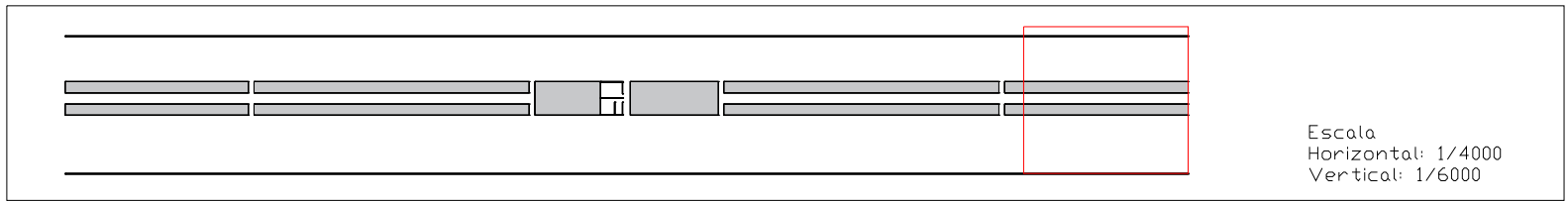
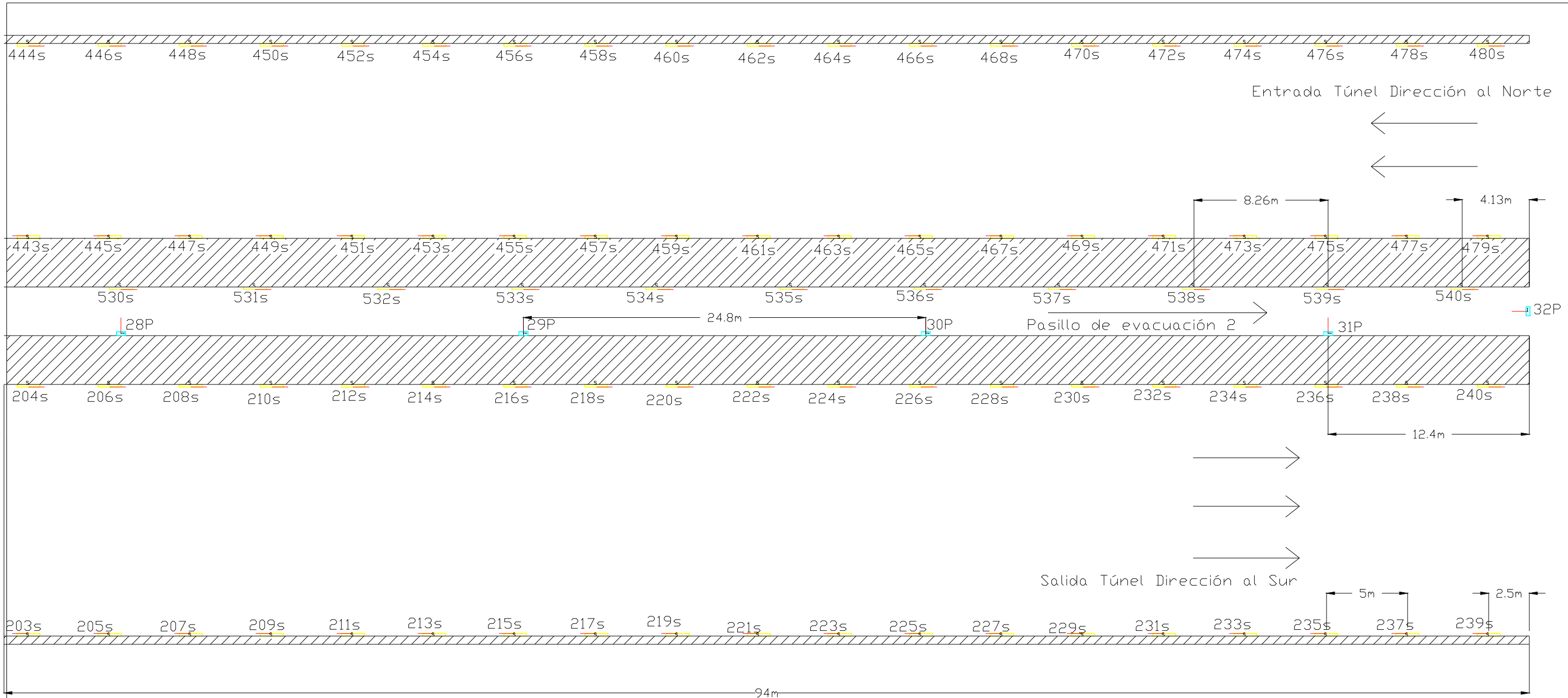
PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		22
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	DISTRIBUCIÓN DE DETECTORES DE HUMO Y TEMPERATURA Y DETECTORES DE CO EN SALIDA TUNEL NORTE		1/100




 LUMINARIA DE EMERGENCIA/SEGURIDAD PERMANENTE (662433 B65LED):
 20 LUMINARIAS: 10 EN CADA PASILLO DE EVACUACIÓN A 0.5m DE ALTURA Y SEPARADAS 24.8m ENTRE ELLAS
 12 LUMINARIAS: 1 EN CADA PUERTA DE EVACUACIÓN


 LUMINARIA DE EMERGENCIA/SEGURIDAD (LED- BGP490):
 480 LUMINARIAS: 120 EN CADA LADO DE CADA TÚNEL, 0.5m DE ALTURA SOBRE LA ACERA Y SEPARADAS 5m ENTRE ELLAS
 60 LUMINARIAS: 30 CADA PASILLO DE EVACUACIÓN

PETICIONARIO	ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		23
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	PLANTA DE DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS DE EMERGENCIA (ENTRADA SUR, SALIDA NORTE y PASILLO DE EVACUACIÓN 1)		1 / 250

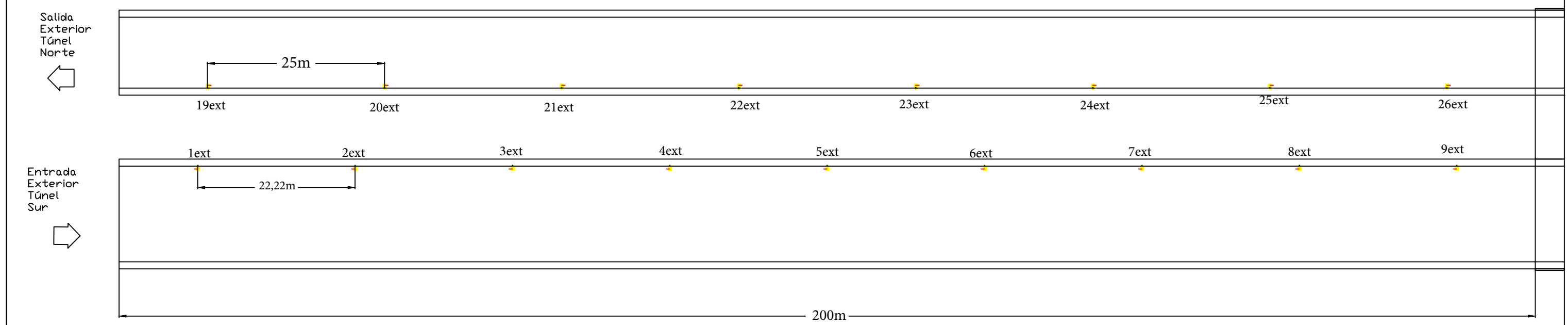
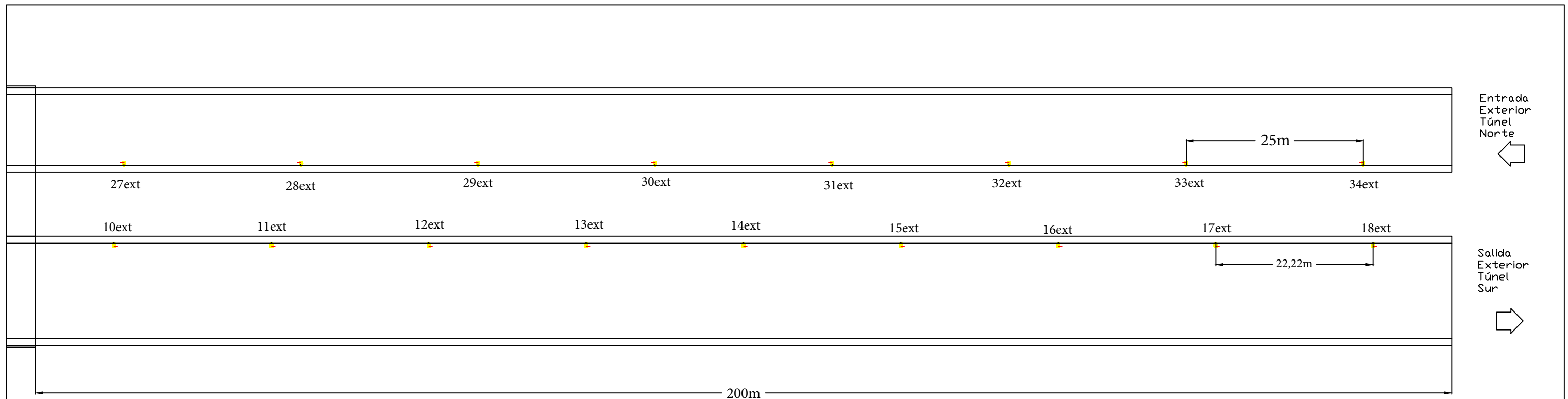



Escala
Horizontal: 1/4000
Vertical: 1/6000


 LUMINARIA DE EMERGENCIA/SEGURIDAD PERMANENTE (662433 B65LED):
 20 LUMINARIAS: 10 EN CADA PASILLO DE EVACUACIÓN A 0.5m DE ALTURA
 Y SEPARADAS 24.8m ENTRE ELLAS
 12 LUMINARIAS: 1 EN CADA PUERTA DE EVACUACIÓN

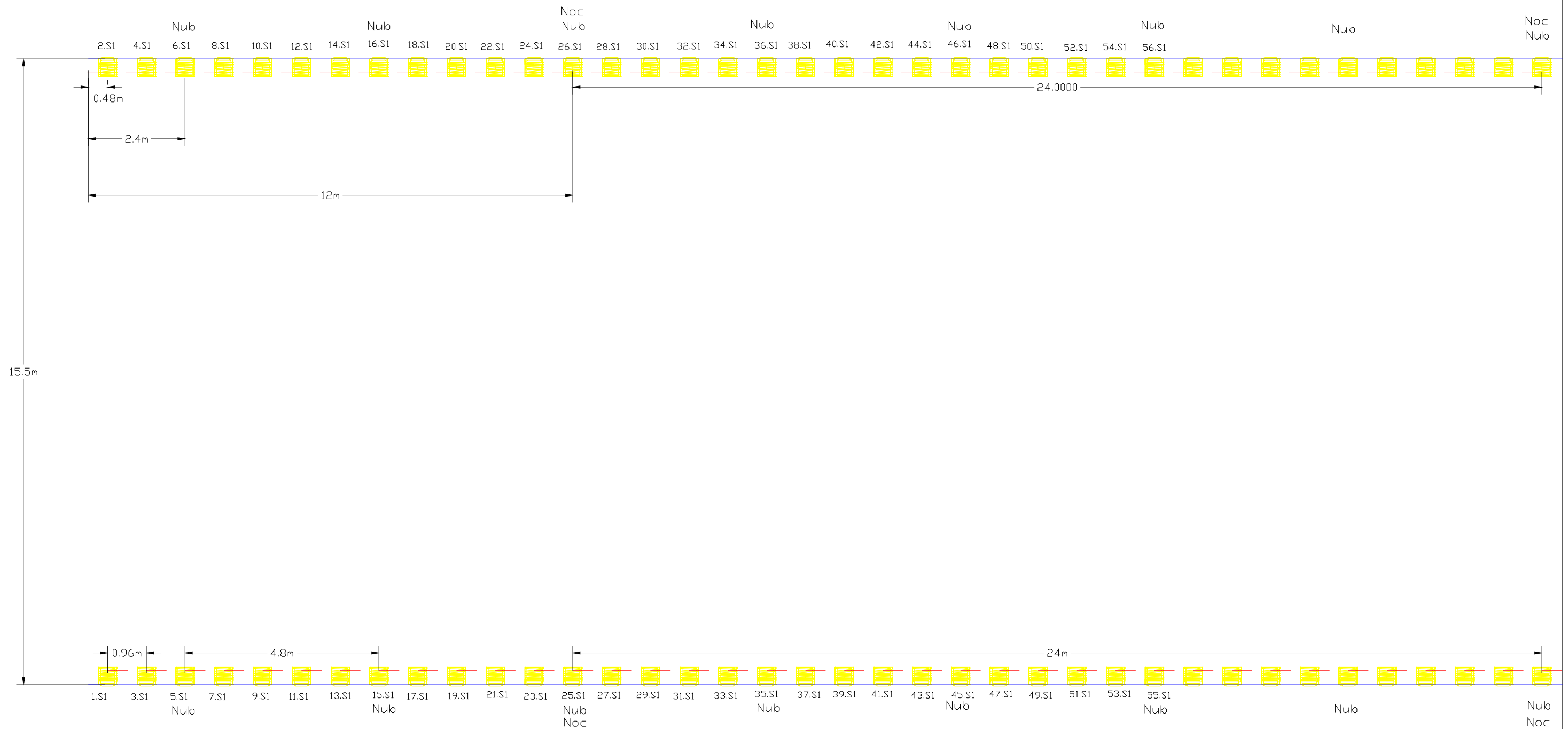
 LUMINARIA DE EMERGENCIA/SEGURIDAD (LED- BGP490)
 480 LUMINARIAS: 120 EN CADA LADO DE CADA TÚNEL, 0.5m DE ALTURA
 SOBRE LA ACERA Y SEPARADAS 5m ENTRE ELLAS
 60 LUMINARIAS: 30 CADA PASILLO DE EVACUACIÓN

PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		24
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	PLANTA DE DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS DE EMERGENCIA (salida SUR, entrada NORTE y PASILLO DE EVACUACIÓN 2)		1 / 250



 Luminaria LED- BGP322 t35 ubicadas en postes a 12 m de altura, en la base de cada poste se ubica su respectiva arqueta con tapa de 40x40 cm

PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		25
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	PLANTA DE SITUACIÓN DE LAS LUMINARIAS EXTERIORES DEL TÚNEL		1 / 550



S1= ESCALÓN 1 SUR

Nub= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y Nublado.

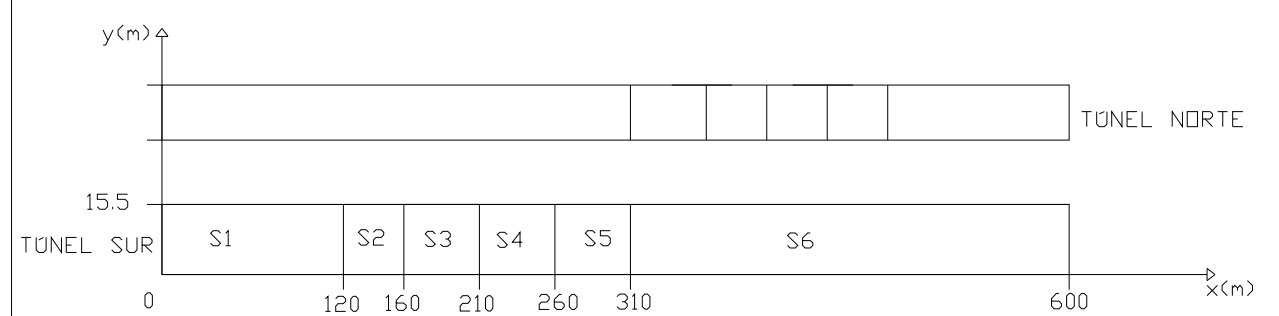
Noc= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y de Noche.

El primer escalón comprende los primeros 120m de la entrada del Túnel Sur.

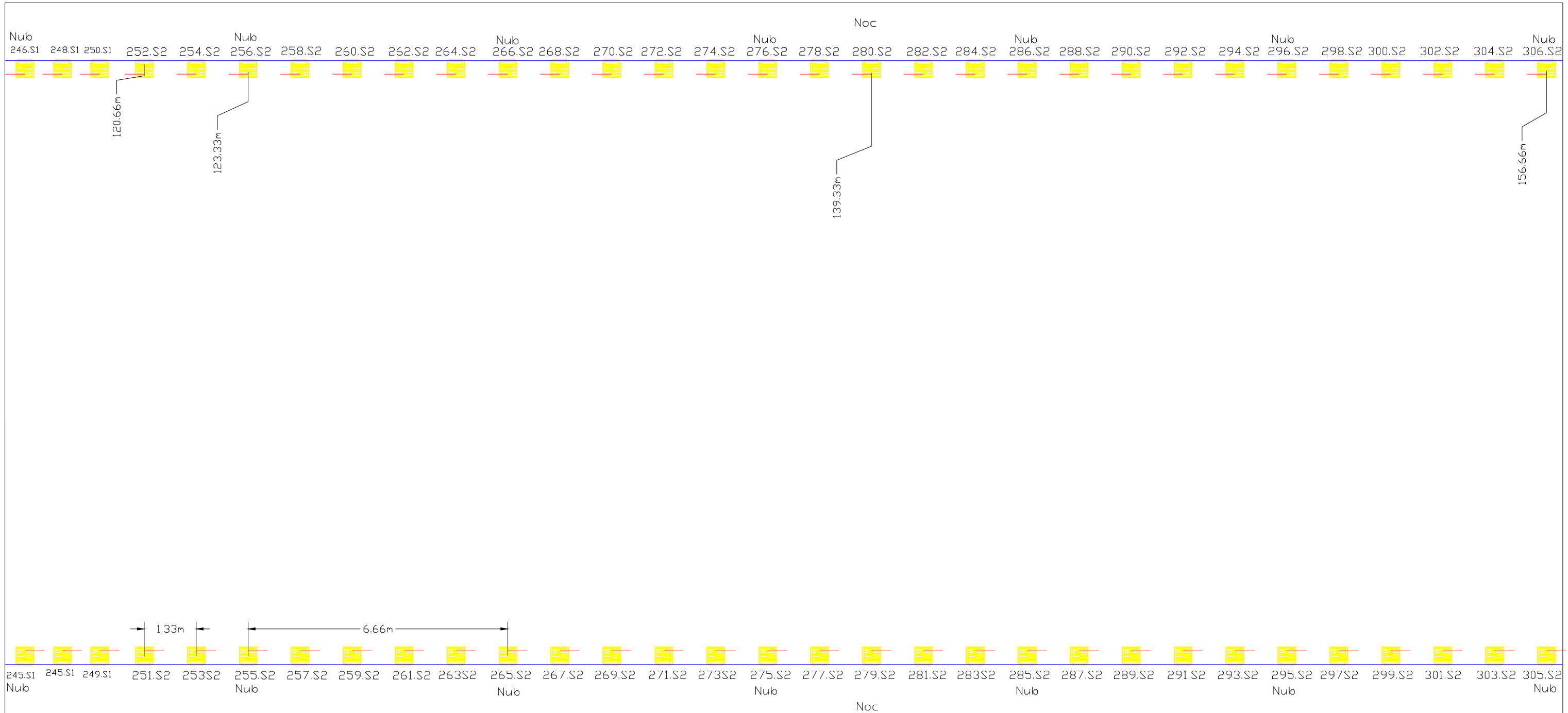
Iluminación Día: Las primeras luminarias 1.S1 / 2.S1 ubicadas a 0.48m y las últimas 249.S1 / 250.S1 ubicadas a 119.52m en el eje x. (separación 0.96m)

Iluminación Nublado: Las primeras luminarias 5.S1 / 6.S1 ubicadas a 2.4m y las últimas 245.S1 / 246.S1 ubicadas a 117.6m en el eje x. (separación 4.8m)

Iluminación Noche: Las primeras luminarias 25.S1 / 26.S1 ubicadas a 12m y las últimas 225.S1 / 226.S1 ubicadas a 108m en el eje x. (separación 24m)



PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		26
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	PLANTA DE LA DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS DEL PRIMER ESCALÓN S1 (0-120m TUNEL SUR) DÍA, NUBLADO Y NOCHE		1/100



S2= ESCALÓN 2 SUR

Nub= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y Nublado.

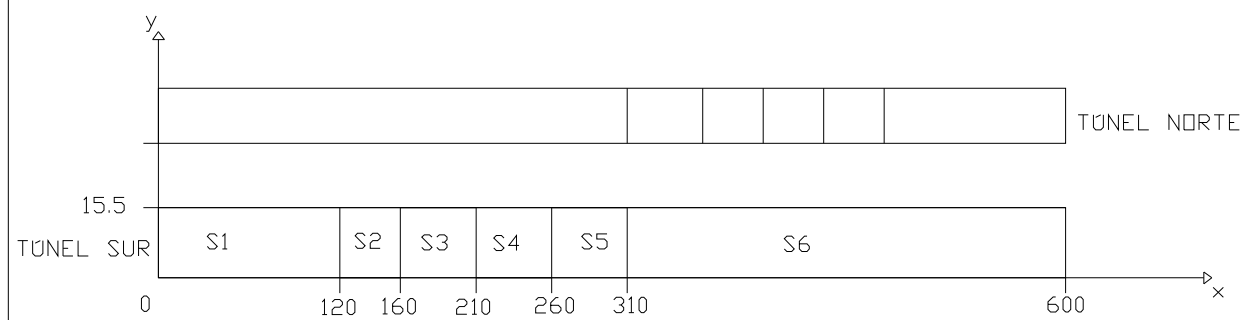
Noc= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y de Noche.

El segundo escalón comprende desde 120m - 160m desde la entrada del Túnel Sur.

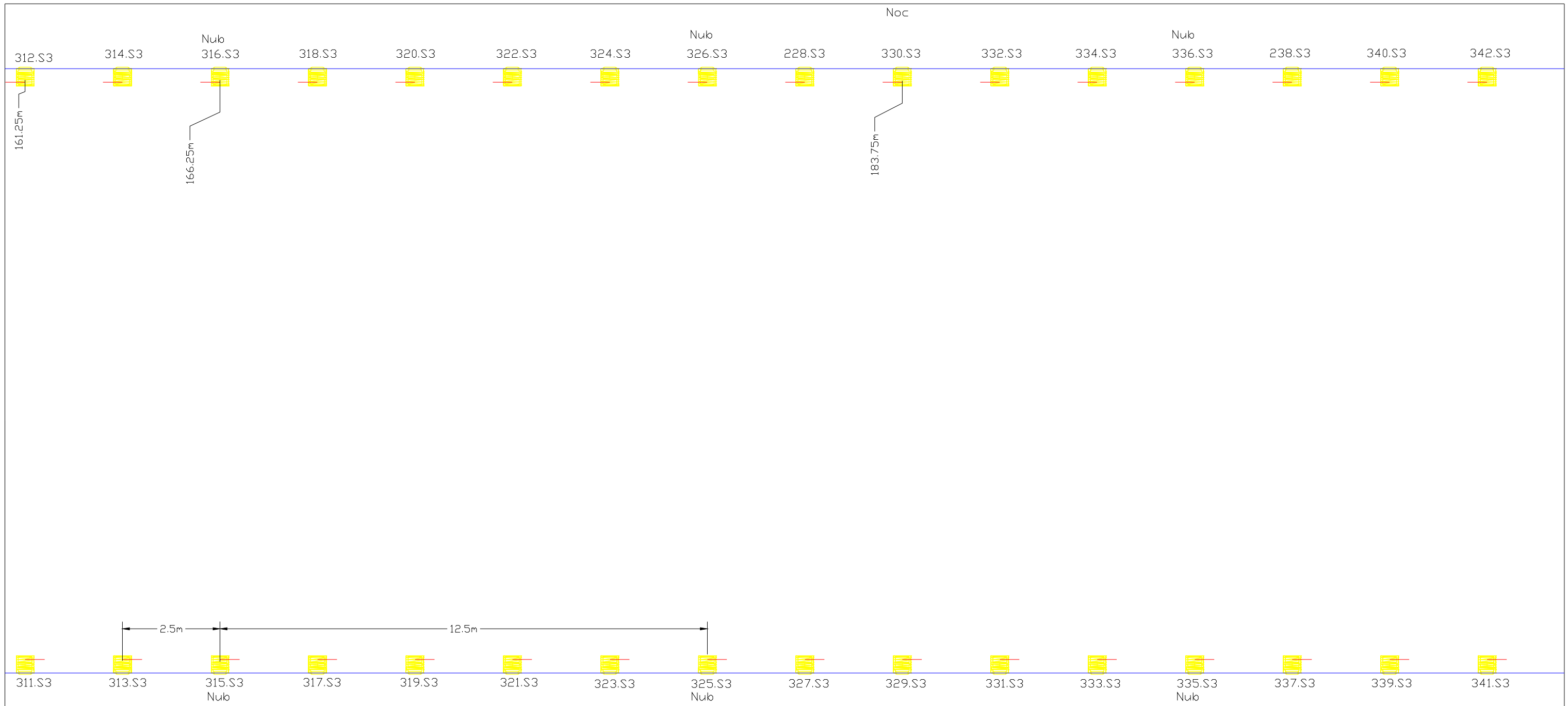
Iluminación Día: Las primeras luminarias 251.S2 / 252.S2 ubicadas a 120.666m y las últimas 309.S2 / 310.S2 ubicadas a 159.333m en el eje x. (separación 1.333m)

Iluminación Nublado: Las primeras luminarias 255.S2 / 256.S2 ubicadas a 123.333m y las últimas 305.S2 / 306.S2 ubicadas a 156.667m en el eje x. (separación 6.666m)

Iluminación Noche: Unicas luminarias 279.S2 / 280.S2 ubicadas a 139.33m en el eje x.



PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		27
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	PLANTA DE LA DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS DEL SEGUNDO ESCALÓN S2 (120m-160M, TÚNEL SUR) DÍA, NUBLADO Y NOCHE		1/100



S3= ESCALÓN 3 SUR

Nub= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y Nublado.

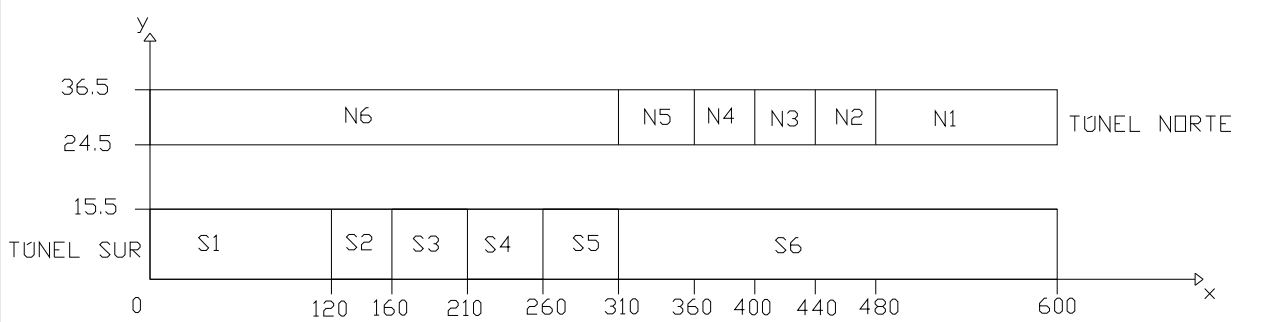
Noc= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y de Noche.

El TERCER escalón comprende desde 160m - 210m desde la entrada del Túnel Sur.

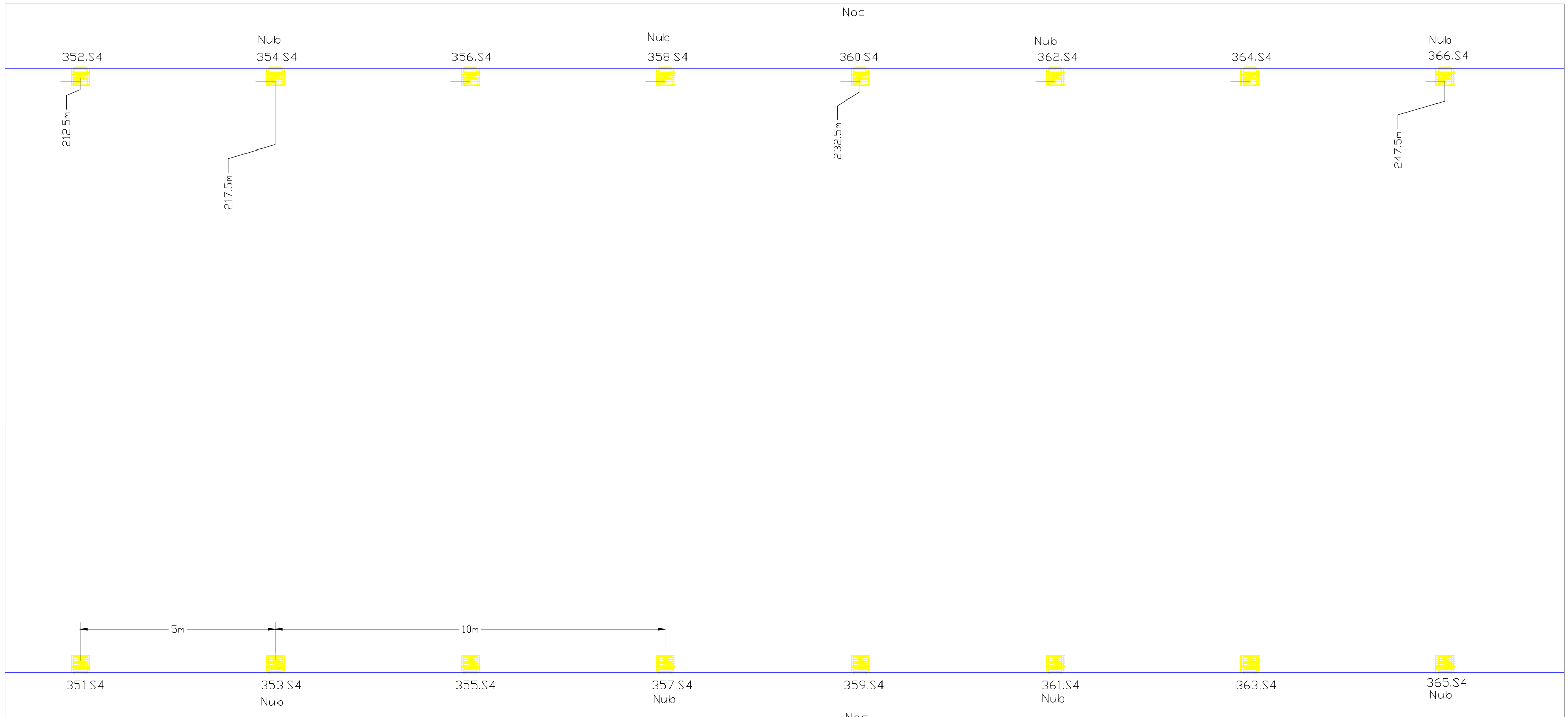
Iluminación Día: Las primeras luminarias 311.S3 / 312.S3 ubicadas a 161.25m y las últimas 349.S3 / 350.S3 ubicadas a 208.75m en el eje x. (separación 2.5m)

Iluminación Nublado: Las primeras luminarias 315.S3 / 316.S3 ubicadas a 166.25m y las últimas 345.S3 / 346.S3 ubicadas a 203.75m en el eje x. (separación 12.5m)

Iluminación Noche: Únicas luminarias 329.S3 / 330.S3 ubicadas a 183.75m en el eje x.



PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		28
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	PLANTA DE LA DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS DEL TERCER ESCALÓN S3 (160m-210M, TUNEL SUR) DÍA, NUBLADO Y NOCHE		1/100



S4= ESCALÓN 4 SUR

Nub= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y Nublado.

Noc= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y de Noche.

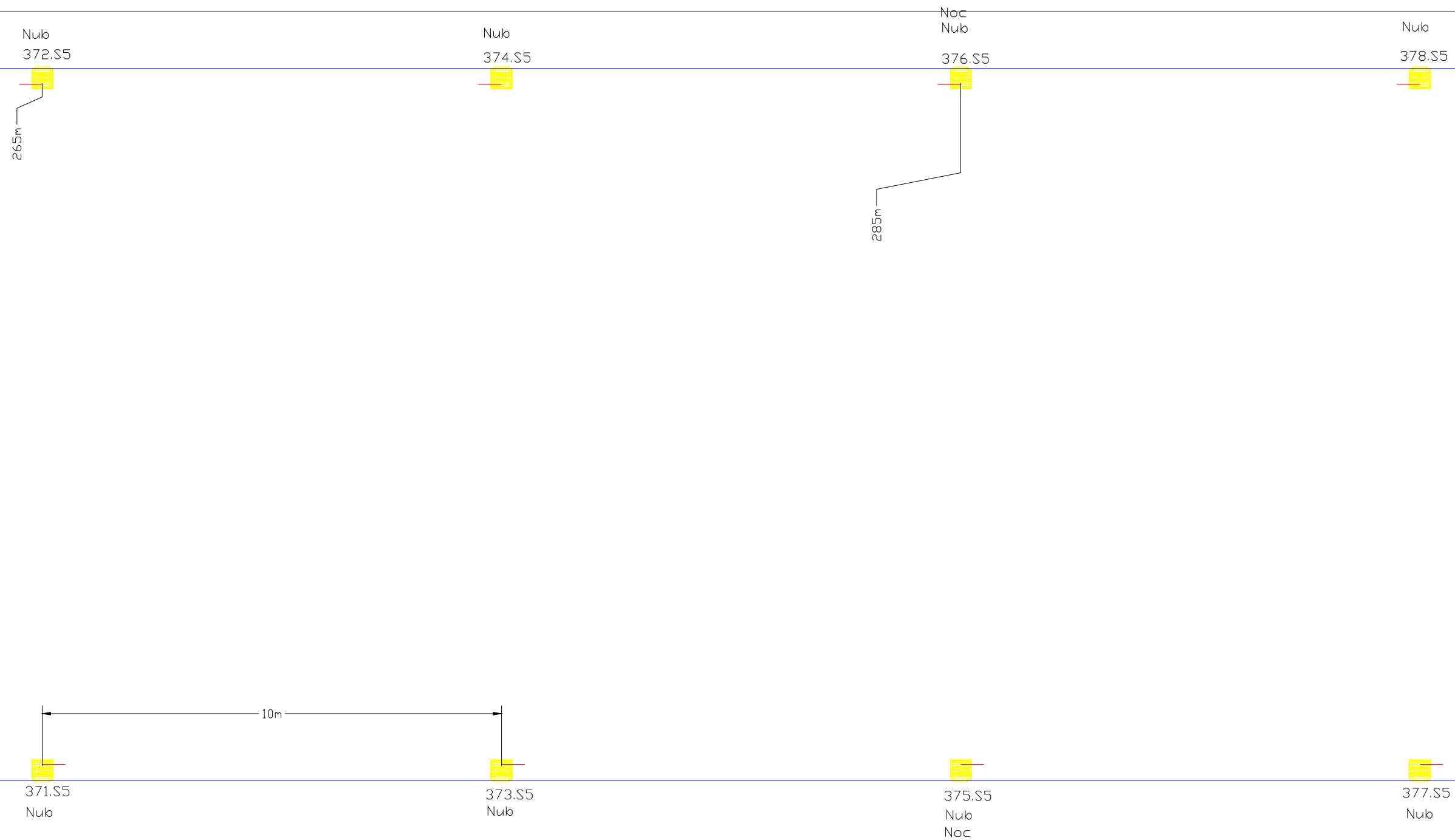
El CUARTO escalón comprende desde 210m - 260m desde la entrada del Túnel Sur.

Iluminación Día: Las primeras luminarias 351.S4 / 352.S4 ubicadas a 212.5m y las últimas 369.S4 / 370.S4 ubicadas a 252.5m en el eje x. (separación 5m)

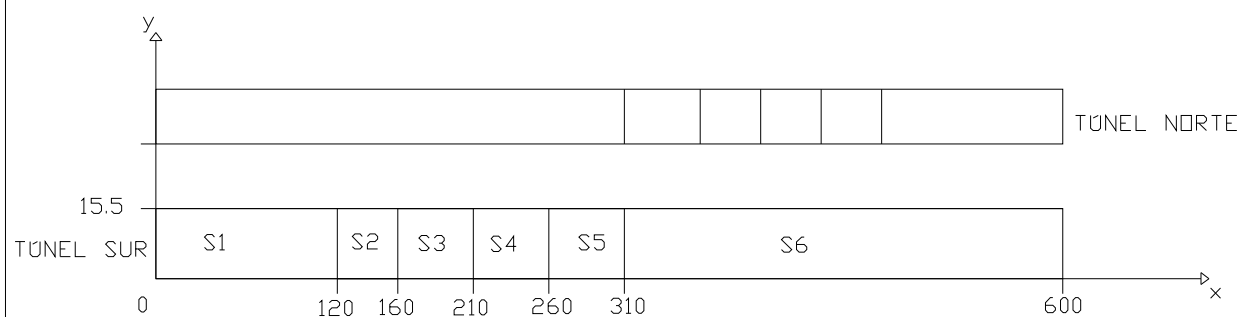
Iluminación Nublado: Las primeras luminarias 353.S4 / 354.S4 ubicadas a 217.5m y las últimas 353.S4 / 354.S4 ubicadas a 217.5m en el eje x. (separación 10m)


Iluminación Noche: Unicas luminarias 359.S4 / 360.S4 ubicadas a 232.5m en el eje x.

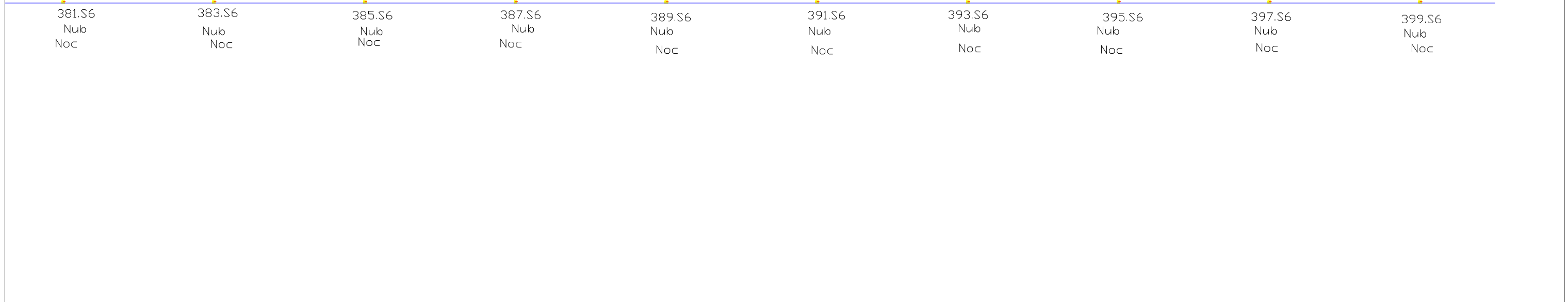
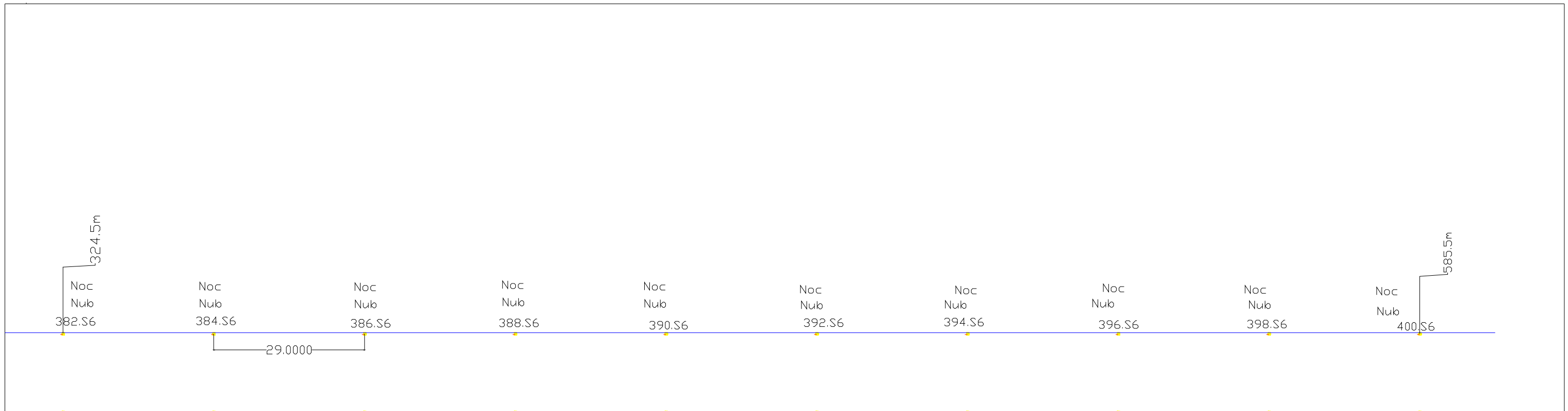
PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		29
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		ESCALA
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		1 / 100
PLANO	PLANTA DE LA DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS DEL CUARTO ESCALÓN S4 (210m-260M, TUNEL SUR) DÍA, NUBLADO Y NOCHE		



S5= ESCALÓN 5 SUR
 Nub= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y Nublado.
 Noc= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y de Noche.
 El QUINTO escalón comprende desde 260m - 310m desde la entrada del Túnel Sur.
 Iluminación Día y Iluminación Nublado: Las primeras luminarias 371.S5 / 372.S5 ubicadas a 265m y las últimas 378.S5 / 379.S5 ubicadas a 305m en el eje x. (separación 10m)
 Iluminación Noche: Únicas luminarias 375.S5 / 376.S5 ubicadas a 285m en el eje x.



PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		30
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		ESCALA
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA		1/100
PLANO	PLANTA DE LA DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS DEL QUINTO ESCALÓN S5 (260m-310M, TUNEL SUR) DÍA, NUBLADO Y NOCHE		



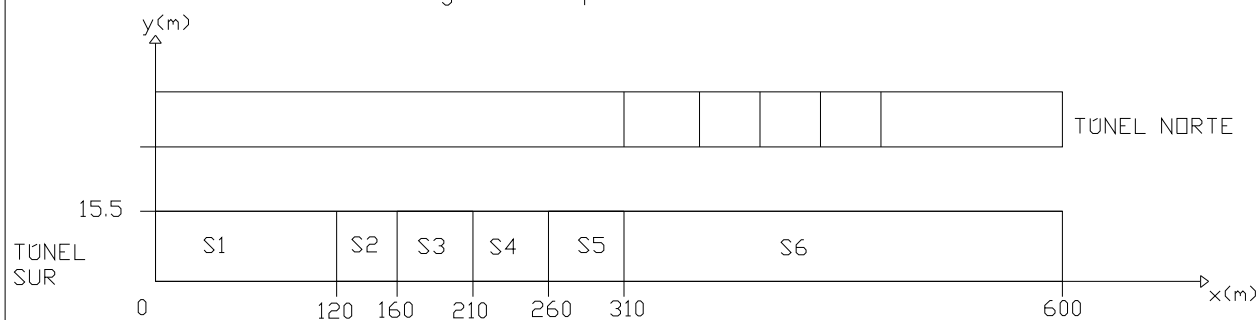
S6= ESCALÓN 6 SUR


Nub= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y Nublado.

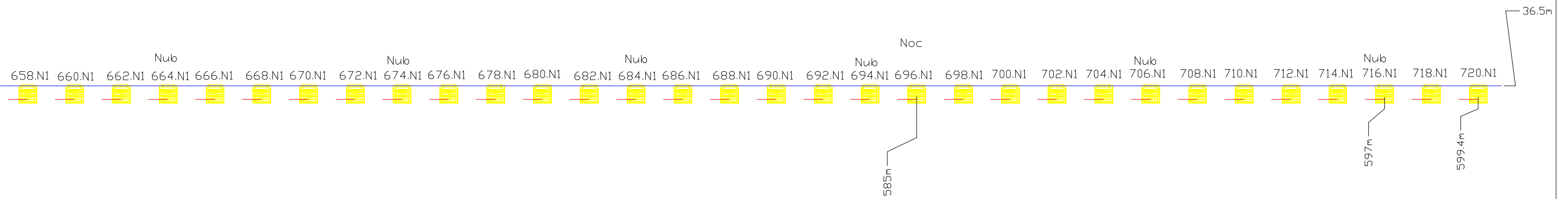
Noc= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y de Noche.

El SEXTO escalón comprende desde 310m - 600m desde la entrada del Túnel Sur.

Iluminación Día, Iluminación Nublado E Iluminación Noche: Las primeras luminarias 381.S6 / 382.S6 ubicadas a 324.5m y las últimas 399.S6 / 400.S6 ubicadas a 585.5m en el eje x. (separación 29m)



PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		31
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		ESCALA
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA		1/750
PLANO	PLANTA DE LA DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS DEL SEXTO ESCALÓN S6 (310m-600m, TUNEL SUR) DÍA NUBLADO Y NOCHE		



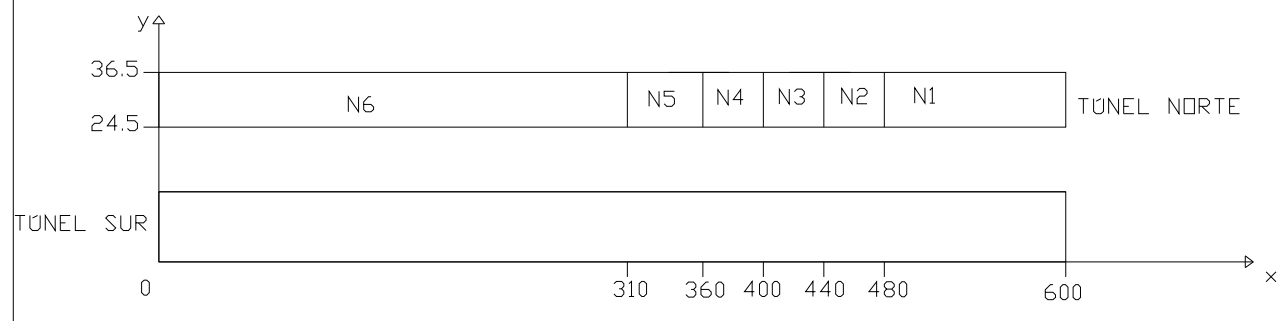
N1= ESCALÓN 1 NORTE
 Nub= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y Nublado.
 Noc= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y de Noche.


El primer escalón comprende los primeros 120m (480m-600m) de la entrada del Túnel NORTE.

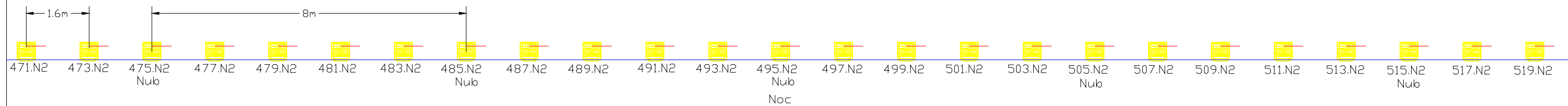
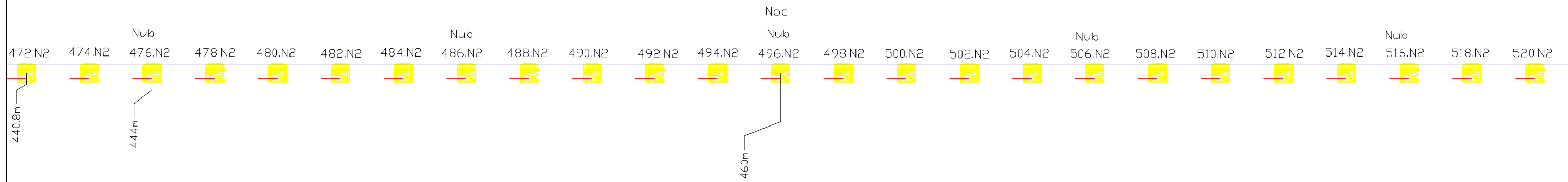
Iluminación Día: Las primeras luminarias 521.N1 / 522.N1 ubicadas a 480.6m y las últimas 719.N1 / 720.N1 ubicadas a 599.4m en el eje x. (separación 1.2m)

Iluminación Nublado: Las primeras luminarias 525.N1 / 526.N1 ubicadas a 483m y las últimas 715.N1 / 716.N1 ubicadas a 597m en el eje x. (separación 6m)

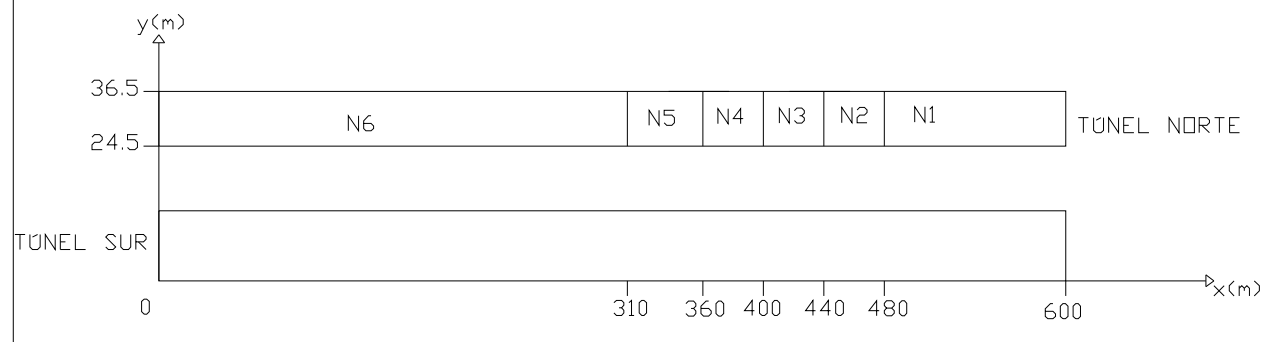
Iluminación Noche: Las primeras luminarias 545.N1 / 546.N1 ubicadas a 495m y las últimas 695.N1 / 696.N1 ubicadas a 108m en el eje x. (separación 30m)




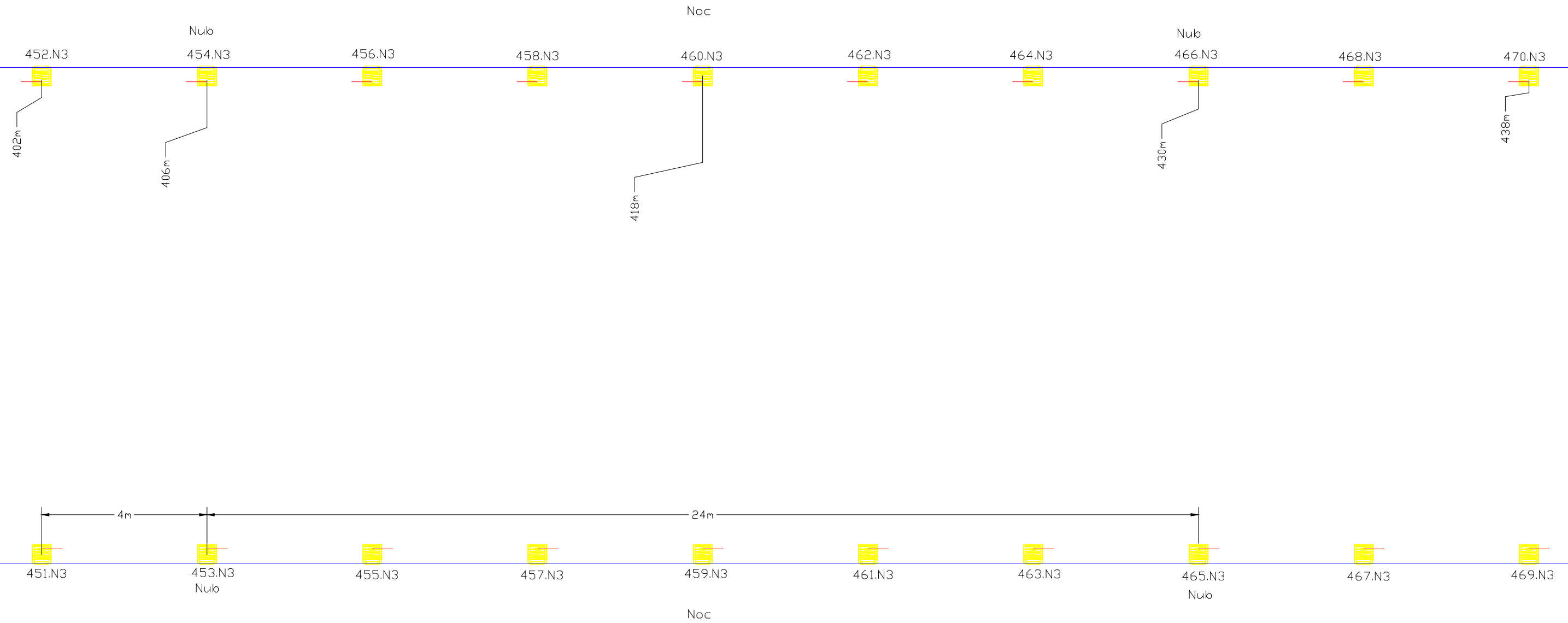
PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		32
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	PLANTA DE LA DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS DEL PRIMER ESCALÓN N1 (480M-600m TUNEL NORTE) DÍA, NUBLADO Y NOCHE		1/100



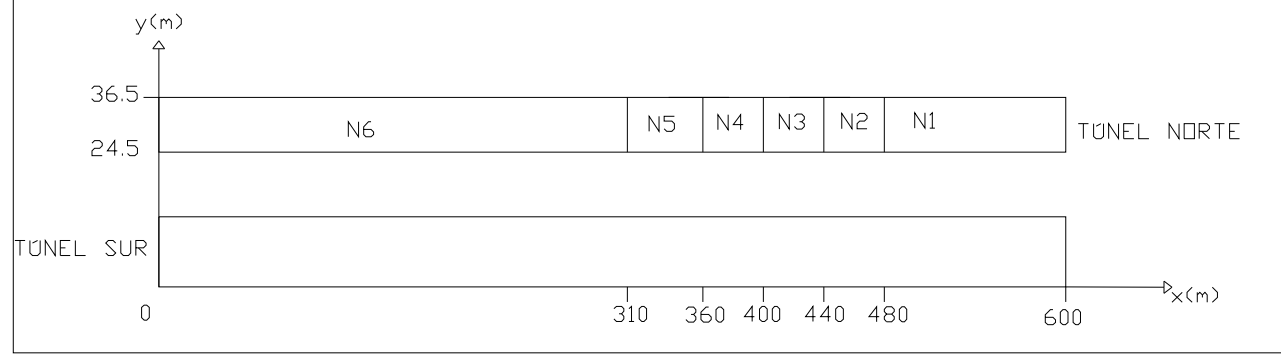
N2= ESCALÓN 2 NORTE
 Nub= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y Nublado.
 Noc= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y de Noche.
 El SEGUNDO escalón comprende (440m-480m) de la entrada del Túnel NORTE.
 Iluminación Día: Las primeras luminarias 471.N2 / 472.N2 ubicadas a 440.8m y las últimas 519.N2 / 520.N2 ubicadas a 479.2m en el eje x. (separación 1.6m)
 Iluminación Nublado: Las primeras luminarias 475.N2 / 476.N2 ubicadas a 444m y las últimas 515.N2 / 516.N2 ubicadas a 479.2m en el eje x. (separación 8m)
 Iluminación Noche: Las únicas luminarias 495.N2 / 496.N2 ubicadas a 460m en el eje x.




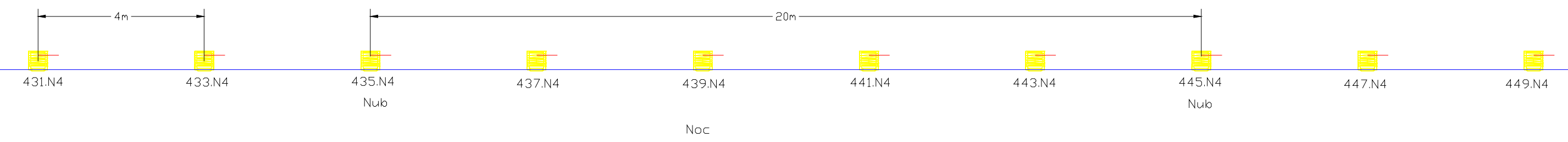
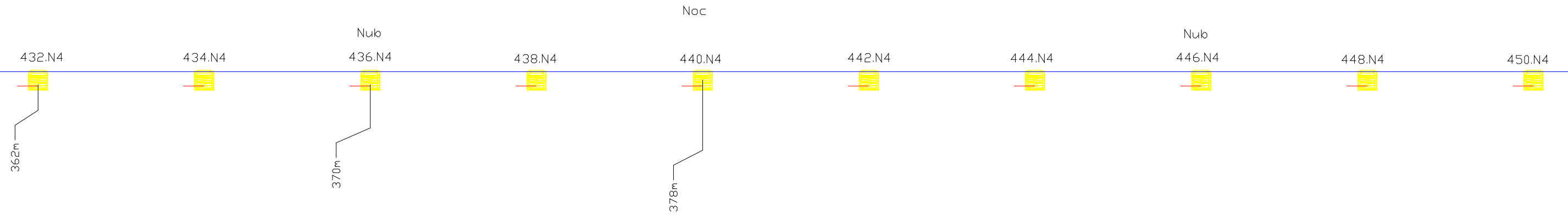
PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		33
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	PLANTA DE LA DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS DEL SEGUNDO ESCALÓN N2 (440M-480m TUNEL NORTE) DÍA, NUBLADO Y NOCHE		1/100



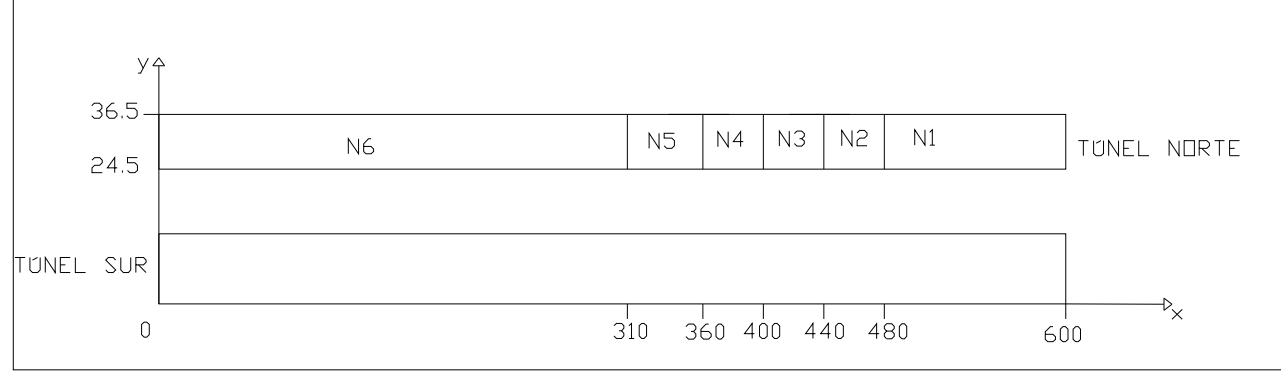
N3= ESCALÓN 3 NORTE
 Nub= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y Nublado.
 Noc= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y de Noche.
 EL TERCER escalón comprende (400m-440m) de la entrada del Túnel NORTE.
 Iluminación Día: Las primeras luminarias 451.N3 / 452.N3 ubicadas a 402m y las últimas 469.N3 / 470.N3 ubicadas a 438m en el eje x. (separación 4m)
 Iluminación Nublado: Las primeras luminarias 453.N3 / 454.N3 ubicadas a 406m y las últimas 465.N3 / 466.N3 ubicadas a 430m en el eje x. (separación 24m)
 Iluminación Noche: Las únicas luminarias 459.N3 / 460.N3 ubicadas a 418m en el eje x.




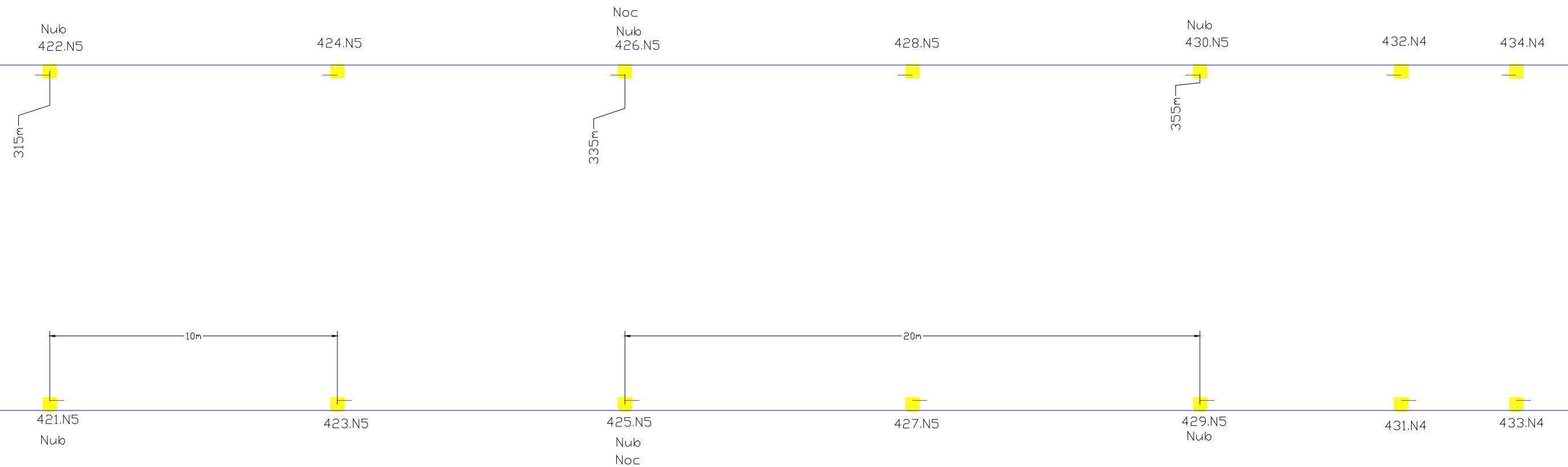
PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		34
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	PLANTA DE LA DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS DEL TERCER ESCALÓN N3 (400M-440m TUNEL NORTE) DÍA, NUBLADO Y NOCHE		1/100



N4= ESCALÓN 4 NORTE
 Nub= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y Nublado.
 Noc= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y de Noche.
 El CUARTO escalón comprende (360m-400m) de la entrada del Túnel NORTE.
 Iluminación Día: Las primeras luminarias 431.N4 / 432.N4 ubicadas a 362m y las últimas 449.N4 / 450.N4 ubicadas a 398m en el eje x. (separación 4m)
 Iluminación Nublado: Las primeras luminarias 435.N4 / 436.N4 ubicadas a 370m y las últimas 445.N4 / 446.N4 ubicadas a 390m en el eje x. (separación 20m)
 Iluminación Noche: Las únicas luminarias 439.N4 / 440.N4 ubicadas a 378m en el eje x.




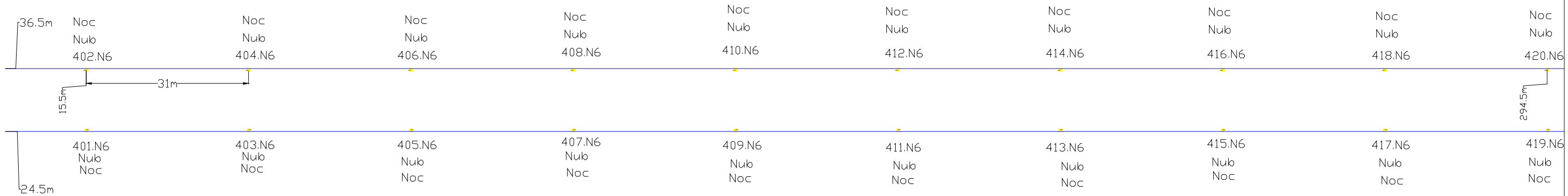
PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		35
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	PLANTA DE LA DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS DEL CUARTO ESCALÓN N4 (360m-400m TUNEL NORTE) DÍA, NUBLADO Y NOCHE		1/100



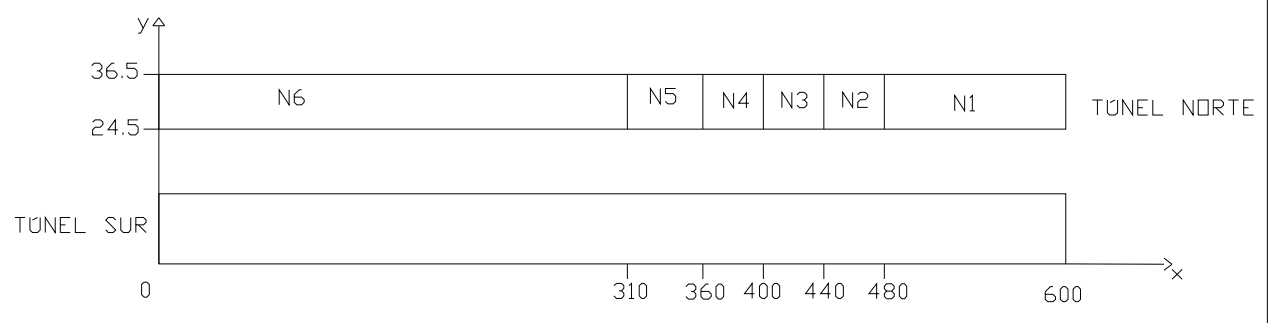
N5= ESCALÓN 5 NORTE
 Nub= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y Nublado.
 Noc= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y de Noche.
 EL QUINTO escalón comprende (310m-360m) de la entrada del Túnel NORTE.
 Iluminación Día: Las primeras luminarias 421.N5 / 422.N5 ubicadas a 315m y las últimas 429.N5 / 430.N5 ubicadas a 355m en el eje x. (separación 10m)
 Iluminación Nublado: Las primeras luminarias 421.N5 / 422.N5 ubicadas a 35m y las últimas 429.N5 / 430.N5 ubicadas a 355m en el eje x. (separación 20m)
 Iluminación Noche: Las únicas luminarias 425.N5 / 426.N5 ubicadas a 378m en el eje x.



PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		36
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		ESCALA
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA		1/150
PLANO	PLANTA DE LA DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS DEL QUINTO ESCALÓN N5 (310m-360m TUNEL NORTE) DÍA, NUBLADO Y NOCHE		



N6= ESCALÓN 6 NORTE
 Nub= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y Nublado.
 Noc= Luminaria funcionará para el alumbrado de Día y de Noche.
 El SEXTO escalón comprende (0m-310m) de la entrada del Túnel NORTE.
 Iluminación Día, Iluminación Nublado y Iluminación Noche: Las primeras luminarias 401.N6 / 402.N6 ubicadas a 15.5m y las últimas 419.N6 / 420.N6 ubicadas a 294.5m en el eje x. (separación 31m)



PETICIONARIO	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL- ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	FIRMA	PLANO N°
TUTORES	Dr. Norberto Redondo Melchor Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor		37
ALUMNO	NEEL MARCK VARGAS EUFRACIO		
TRABAJO FIN DE GRADO	PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TUNEL DE AUTOPISTA		ESCALA
PLANO	PLANTA DE LA DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS DEL SEXTO ESCALÓN N6 (0m-310m TUNEL NORTE) DÍA, NUBLADO Y NOCHE		1 / 750

XI.MEDICIONES Y PRESUPUESTO

A. PRESUPUESTO DESGLOSADO

	Cantidad	uds	Precio unidad	Total
MEDIA TENSIÓN				
Canalización subterránea montaje de toda la canalización y conductores HEPR-Z1 12/20 kV 3*(1*150) mm ² H16 en zanja de 35 cm. de ancho y 70 cm. de profundidad, incluyendo asiento con 10 cm. de arena de río, montaje de cables conductores, relleno con una capa de 25 cm. de arena de río, instalación de placa cubrecables para protección mecánica, relleno con tierra procedente de la excavación apisonada con medios manuales en tongadas de 10 cm., colocación de cinta de señalización, sin incluir la reposición de acera, incluso suministro y montaje de cables conductores, con parte proporcional de empalmes para cable, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación y pruebas de rigidez dieléctrica, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.	610	m	75	45750
Terminal exterior para cable seco, según normativa vigente para cable tipo HEPR-Z1 12/20 KV incluyendo montaje y probado, transporte, montaje y conexionado.	4	uds	73	292
Centro de Seccionamiento y Medida (CS)				
Edificio CMS 15. Centro de seccionamiento Prefabricado de hormigón. Hasta 24 kV. totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.	2	uds	940	1880
Celda de entrada de línea con seccionamiento de puesta a tierra. CGMCOSMOS-L (Función de línea; conectado, seccionado y puesto a tierra). totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.	2	uds	2500	5000

XI.MEDICIONES Y PRESUPUESTO

<p>Celda de medida de tensión en intensidad con entrada superior por barras y salida inferior por cable. CGMCOSMOS-M (Función de medida;) conteniendo en su interior debidamente montados y conexionados los siguientes aparatos y materiales: tres transformadores de tensión relación x/110 V., de 50 VA., en clase 0,5.; tres transformadores de intensidad relación x/5A de 15 VA., enclase 0,5; interconexión de potencia con módulos contiguos; pletina de cobre de 30x3 mm. para puesta a tierra de la instalación. Accesorios y pequeño material. Instalado, transporte, montaje y conexionado.</p>	2	uds	5700	11400
<p>Celda de remonte.CGM 3RB Celda modular, función de remonte de cables al embarrado. Accesorios y pequeño material. Instalado, transporte, montaje y conexionado.</p>	2	uds	1200	2400
<p>Puesta a Tierra: unesa 20-20/8/42 Anillo rectangular Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo 50 mm². El conductor de cobre está unido a picas de 2m de largo acero de cobre de 14mm de diámetro. Accesorios y pequeño material. Instalado, transporte, montaje y conexionado.</p>	2	uds	630	1260
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (CT)				
<p>Transformador trifásico reductor de tensión, según las normas citadas en la memoria con neutro accesible en el secundario, de potencia 1000 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 400 V en vacío (B2), grupo de conexión Dyn11. Accesorios y pequeño material. Instalado, transporte, montaje y conexionado.</p>	1	uds	18560	18560
<p>Tierra protección de masas: unesa 60-40/8/84 Anillo rectangular Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo de 50mm². El conductor de cobre está unido a 8 picas de acero longitud 4 m cobreado de 14mm de diámetro. Características: Geometría: Anillo rectangular</p>	1	uds	1650	1650
<p>Puesta de Tierra del neutro: unesa 8/42 Picas alineadas Tierra de servicio o neutro del transformador Instalación exterior realizada con cobre aislado con el mismo tipo de materiales que las tierras de protección. Longitud de picas 2m Geometría: Picas alineadas</p>	1	uds	1000	1000

XI.MEDICIONES Y PRESUPUESTO

<p>Edificio prefabricado PFU 4 constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado. Incluye el edificio y todos sus elementos exteriores, transporte, montaje y accesorios.</p>	<p>1</p>	<p>uds</p>	<p>8750</p>	<p>8750</p>
<p>Celda de conmutación automática,NSM-1 Celda de Transferencia Automática de Red prioritaria (N) y reserva de una red Pública(S) con seccionador de operación bajo carga (Detección de ausencia de tensión):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dos (2) Seccionadores de Operación Bajo carga 630 A (SF6) de tres posiciones (Conectado-Desconectado-Tierra) - Enclavamiento mecánico y eléctrico. - Bornes para conexión inferior de cable seco unipolar - Compartimiento de control - Dos (2) Juegos de Barras tripolar para conexión superior 630 A - Dos (2) Mandos motorizados CI2 - Dos (2) dispositivos de bloque con 3 lámparas de presencia de tensión - Equipo de Automatismo. - Bobinas de apertura y cierre a tensión. - Bloque autónomo para la alimentación de las bobinas y motorizaciones - Bornes para conexión inferior de cable seco unipolar - Dos (2) Resistencias de calefacción - Pilotos de señalización <p>Completamente instalado</p>	<p>1</p>	<p>uds</p>	<p>13560</p>	<p>13560</p>

XI.MEDICIONES Y PRESUPUESTO

<p>Celda Interruptor automático DM1-C -Interruptor automático Fluarc SF1. pra ta proteger al transformador.</p> <p>-Seccionador (SF6).</p> <p>-Preparada para alojar 3 toroidales o 3 transformadores de intensidad de protección.</p> <p>-Juego de barras tripolar. p Mando interruptor automático RI manual.</p> <p>-Mando seccionador CS1 manual dependiente.</p> <p>-Seccionador de puesta a tierra superior sin poder de cierre (enclavamiento de panel).</p> <p>-Bornes de conexión para cable unipolar seco de sección inferior o igual a 150 mm².</p> <p>-Seccionador de puesta a tierra inferior con poder de cierre (mando CC).</p> <p>-Dispositivo con bloque de 3 lámparas de presencia de tensión.</p> <p>-Juego de barras tripolar para salida inferior derecha, o preparación para salida de cable unipolar seco de sección inferior o igual a 150 mm².</p> <p>-Juego de barras tripolar para salida inferior izquierda. Completamente instalado.</p>	1	uds	2780	2780
<p>Cuadro Baja Tensión</p> <p>Cuadro de baja tensión tipo UNESA, para protección con cuatro salidas en baja tensión, con fusibles de A.P.R. dispuestos en bases trifásicas maniobrables fase a fase, con posibilidad de apertura y cierre en carga; incluso barraje de distribución, y conexiones necesarias.</p>	1	uds	1200	1200
<p>Interconexion entre celda y trafo (3x(1x50/16)) AL HPRZ1 accesorios incluidos completamente instalado y probado</p>	15	m	95	1425
<p>Interconexion entre trafo y CBT (3x240)+ 2x240 RV completamente instalado y probado más 4 fusibles FNH23FEA-1400Y-A con In=1400 A</p>	10	m	180	1800
BAJA TENSIÓN				0
<p>Interruptor Automatico: 4 polos 1250 A, 70 KA Relé y Transformador con diferencial de 500 mA completamente instalado y probado</p>	1	uds	7852	7852
<p>Interruptor Automatico: 4 polos 1000 A, 70 KA Relé y Transformador completamente instalado y probado</p>	1	uds	6000	6000
<p>Interruptor Automatico: 3 polos 400 A, 50 KA Relé y Transformador con diferencial de 300 mA completamente instalado y probado</p>	1	uds	4362	4362
<p>Interruptor Automatico: 3 polos 400 A, 50 KA completamente instalado y probado</p>	1	uds	3562	3562

XI.MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Interruptor Automatico: 4 polos 1000 A, 70 KA completamente instalado y probado	1	uds	5300	5300
Interruptor Automatico: 4 polos 160 A, 20 KA completamente instalado y probado	2	uds	610	1220
Interruptor Automatico: 4 polos 125 A, 20KA completamente instalado y probado	2	uds	480	960
Interruptor Magnetotérmico: 4 polos 63 A, curva B completamente instalado y probado	1	uds	250	250
Interruptor Automatico: 4 polos 250 A, 20 KA Relé y Transformador con diferencial de 300 mA completamente instalado y probado	2	uds	1300	2600
Interruptor Magnetotérmico: 4 polos 38 A, curva B completamente instalado y probado	12	uds	83	996
Interruptor Automatico: 4 polos 400 A, 50 KA Relé y Transformador con diferencial de 300 mA completamente instalado y probado	2	uds	4562	9124
Interruptor Magnetotérmico: 4 polos 50 A, curva B completamente instalado y probado	16	uds	96	1536
Interruptor Magnetotérmico: 4 polos 30A, curva B completamente instalado y probado	4	uds	56	224
Interruptor Magnetotérmico: 4 polos 16A, curva B completamente instalado y probado	7	uds	47	329
Interruptor Diferencial: 4 polos 25 A 30mA	2	uds	358	716
Interruptor Magnetotérmico: 2 polos 10A, curva B completamente instalado y probado	51	uds	61.55	3139.05
Interruptor Magnetotérmico: 4 polos 10A, curva B completamente instalado y probado	1	uds	123	123
Interruptor Magnetotérmico: 4 polos 50A, curva B completamente instalado y probado	1	uds	180	180
Interruptor Diferencial: 2 polos 25 A 300mA	78	uds	129	10062
Interruptor Diferencial: 2 polos 25 A 30mA	16	uds	53	848
Interruptor Magnetotérmico: 2 polos 5 A, curva B completamente instalado y probado	4	uds	9	36
Interruptor Magnetotérmico: 2 polos 50 A, curva B completamente instalado y probado	1	uds	11	11
Interruptor Magnetotérmico: 2 polos 16 A, curva B completamente instalado y probado	1	uds	10	10
Interruptor Automatico: 4 polos 160 A, 50 KA completamente instalado y probado	2	uds	160	320
Interruptor Diferencial: 4 polos 40 A 300mA	2	uds	193	386
Interruptor Magnetotérmico: 4 polos 20 A, curva B completamente instalado y probado	1	uds	80	80
Interruptor Automatico: 4 polos 100 A, 6 KA Relé y Transformador con diferencial de 300 mA completamente instalado y probado	1	uds	1200	1200

XI.MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Interruptor Magnetotérmico: 2 polos 25 A, curva B completamente instalado y probado	2	uds	15	30
Interruptor Magnetotérmico: 2 polos 20 A, curva B completamente instalado y probado	8	uds	14	112
Armario metálico IP 66 - IK 10 según IEC EN 60529 con placa de montaje galvanizada (desmontable), cable de conexión a tierra y patas de montaje mural. Puerta reversible con 2 cerraduras de doble barra para armario de 800 x 600x300mm. Placa para entrada de cables desmontable con placas Cabstop con canales de cuadro Lina 25, montantes, perfiles DIN o chasis con placasaislantes Revestimiento de poliéster granulado de 80 µ de espesor. Completamente instalado y probado	10	uds	268.64	2686.4
SAI - Sistema de Alimentación Ininterrumpida SAI, marca LEGRAND 3100460 o similar de 50 KVA de potencia con 21 baterías de plomo hermético para una autonomía superior a 10 horas, con equipo de by-pass y salida serie de información para comunicación. Totalmente instalado y en funcionamiento.	1	uds	40000	40000
Batería automática de condensadores para la corrección del factor de potencia hasta 0,99, marca Siemens Modelo ES2:4RY0325-6NP40 de 325 KVA, 400/230 V, montaje de equipo en vertical con posibilidad de regulación. Cableado de unión con cuadro general, pequeño material, toma de tierra, etc. Instalada y en funcionamiento	1	uds	9850	9850
Grupo electrógeno de emergencia ENESAL ENERGY o similar de 560 kW, con sistema de escape, tubería y silencioso, sistema de refrigeración incorporado, bancada, cuadro de control, funcionamiento, equipos de medida con salida analógica y digital 230/400V. Depósito de 1000 litros incluido en la instalación en compartimento aparte por normativa. Instalado y funcionando para alimentar al sistema de ventilación forzada mediante pozos verticales de extracción. Completamente instalado y probado.	1	uds	123000	123000
Extractor helicodal HPMF totalmente instalado y probado	1	uds	300	300
Autómata LOGO! OBA7 230RC con Módulo de ampliación LOGO! 24 ED 16 SD con sus respectivos contactores siguiendo los planos de circuitos unifilares. Completamente instalado y probado.	1	uds	19000	19000

XI.MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Conmutador OMD 300 o similar, En caso de la pérdida de la línea eléctrica principal, el dispositivo OMD_ gestiona la conmutación a la línea eléctrica de emergencia equipada con un sistema de grupo electrógeno.	1	uds	325	325
REDES DE DISTRIBUCIÓN Y CABLEADO				
Arquetas de registro de fábrica de ladrillo macizo de ½ pie de espesor enfoscada y bruñida incluso tapa de fundición modelo IBERDROLA, para cruzamientos derivaciones a parcela y paso de conductores, incluido señalización de línea de iberdrola e identificación de fases con cinta. con Dimensiones 70 x70 cm ubicadas una en cada centro de seccionamiento y una en la acera al lado del centro de transformación y todas las demás dimensiones 40 x40 cm ubicadas en las aceras al pie de cada luminaria exterior del túnel. Completamente instalado y probado.	37	uds	221	8177
zanja para Línea de alimentación para alumbrado exterior Y equipos exteriores de carretera , canalizados bajo tubo de PVC de D=160 mm. en montaje enterrado en zanja en cualquier tipo de terreno, de dimensiones 35 cm. de ancho por 70cm. de profundidad, incluso excavación, relleno con materiales sobrantes, sin reposición de acera o calzada, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.	1450	m	12.85	18632.5
Montaje y suministro de bandeja 60x100 mm construida con material aislante con tapa IPX4 estanca que cumpla locales mojados ITC-BT-30, incluyendo suministro de soporte de acero galvanizado fijada en bóveda o pared del túnel, formada por piezas de anclaje para compensar la inclinación de la pared, tacos químicos, varillas de roscar, tornillos, piezas especiales, etc. Colocadas a 3.26 m de altura a cada pasillo de evacuación.	502	m	35	17570
Montaje y suministro de bandeja de dimensiones 100x600 mm construida con material aislante con tapa IPX4 estanca que cumpla locales mojados ITC-BT-30 con tabique de separación de circuitos, incluyendo suministro de soporte de acero galvanizado fijada en bóveda o pared del túnel, formada por piezas de anclaje para compensar la inclinación de la pared, tacos químicos, varillas de roscar, tornillos, piezas especiales, etc. Colocadas a 5,76 m de altura a cada Lado de los túneles y a 3m en los recintos interiores.	2400	m	45	108000

XI.MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Cableado de cobre tipo RZ1-K (AS) de 1x2.5mm2 con puntos de empalmes y accesorios de montaje que cumplan normativa ITC-BT-30 locales mojados. Totalmente instalado y probado	1139	m	3.9	4442.1
Cableado de cobre tipo RZ1-K (AS) de 1x25mm2 con puntos de empalmes y accesorios de montaje que cumplan normativa ITC-BT-30 locales mojados. Totalmente instalado y probado	15376.5	m	7.1	109173.15
Cableado de cobre tipo RZ1-K (AS) de 1x16mm2 con puntos de empalmes y accesorios de montaje que cumplan normativa ITC-BT-30 locales mojados. Totalmente instalado y probado	17000	m	4.36	74120
Cableado de cobre tipo RZ1-K (AS) de 1x50mm2 con puntos de empalmes y accesorios de montaje que cumplan normativa ITC-BT-30 locales mojados. Totalmente instalado y probado	25	m	12	300
Cableado de cobre tipo rZ1-K (AS) de 1x70mm2 con puntos de empalmes y accesorios de montaje que cumplan normativa ITC-BT-30 locales mojados. Totalmente instalado y probado	20	m	15	300
Cableado de cobre tipo rZ1-K (AS) de 1x35mm2 con puntos de empalmes y accesorios de montaje que cumplan normativa ITC-BT-30 locales mojados. Totalmente instalado y probado	2152	m	8.9	19152.8
Cableado de cobre tipo rZ1-K (AS) de 1x95mm2 con puntos de empalmes y accesorios de montaje que cumplan normativa ITC-BT-30 locales mojados. Totalmente instalado y probado	302.8	m	19.3	5844.04
Cableado de cobre tipo rZ1-K (AS) de 1x120mm2 con puntos de empalmes y accesorios de montaje que cumplan normativa ITC-BT-30 locales mojados. Totalmente instalado y probado	60	m	27	1620
Cableado de cobre tipo rZ1-K (AS) de 1x150mm2 con puntos de empalmes y accesorios de montaje que cumplan normativa ITC-BT-30 locales mojados. Totalmente instalado y probado	120	m	32.3	3876
Cableado de cobre tipo rZ1-K (AS) de 1x180mm2 con puntos de empalmes y accesorios de montaje que cumplan normativa ITC-BT-30 locales mojados. Totalmente instalado y probado	240	m	37.6	9024
ALUMBRADO DEL TÚNEL				0

XI.MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Luminaria principal tipo LED marca Philips BVP506 ECO226-3S/757 199W con tubo acero rigido galvanizado M40 para su circuito correspondiente desde la bandeja hasta la luminaria, incluido todos los accesorios de montaje Completamente instalado y probado	720	uds	1230	885600
Luminaria exterior al túnel con postes tipo LED marca Philips BGP322 T35 90W. Circuito en canalización subterránea con tubo pvc 160 mm de diámetro hasta la luminaria, incluido todos los accesorios de montaje con cimentación y poste de 12 m de altura. Completamente instalado y probado.	34	uds	650	22100
Luminaria seguridad /emergencias tipo LED marca Philips • Flow LED- BGP490 LLM3200/840 I DTS 9007 29W. con tubo acero galvanizado M40 para su circuito correspondiente desde la bandeja hasta la luminaria, incluido todos los accesorios de montaje. Completamente instalado y probado.	553	uds	478	264334
Luminaria permanente de seguridad /emergencias tipo LED marca LEGRAND 662433 B65LED - 200 lum 1h. con tubo acero galvanizado M40 para su circuito correspondiente desde la bandeja hasta la luminaria, incluido todos los accesorios de montaje. Completamente instalado y probado.	32	uds	159	5088
Luxometro FF-LESA13B2 (sensor de luz para controlar la iluminación del Túnel). Completamente instalado y probado.	2	uds	860	1720
VENTILACIÓN Y CONTROL DE INCENDIOS				0
Ventilador longitudinal marca zitron JZR 10-22/4 o similar de 22 KW de potencia , reversible y con dos velocidades de giro, construido en acero, con motor incorporado, resistente al fuego e índice de protección IP-55. Cableado, instalación, anclajes, soportes, con tubo metálico flexible tipo 48, etc. Totalmente probado y montado	8	uds	7500	60000
Ventilador longitudinal marca zitron JZR 10-22/2 o similar de 22 KW de potencia , reversible y con dos velocidades de giro, construido en acero, con motor incorporado, resistente al fuego e índice de protección IP-55. Cableado, instalación, anclajes, soportes, con tubo metálico flexible tipo 48, etc. Totalmente probado y montado	8	uds	7450	59600
Ventilador extractor Marca SODECA THT-160-6T/6-20 o similar de 15 KW de potencia , reversible y con dos velocidades de giro, construido en acero, con motor incorporado, resistente al fuego e índice de protección IP-55. Cableado, instalación, anclajes, soportes, con tubo metálico flexible tipo 48, etc. Totalmente probado y montado	12	uds	17850	214200

XI.MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Detector combinado de humo y calor: SecuriStar MCD 573X-SP con tubo acero galvanizado M40 para su circuito correspondiente desde la bandeja hasta el detector, con cableado, accesorios, incluida sirena acústica instalado y funcionando..	550	uds	15	8250
Detector de CO: RS485 con tubo acero galvanizado M40 para su circuito correspondiente desde la bandeja hasta el detector, con cableado, accesorios, incluida sirena acústica instalado y funcionando.	110	uds	9.9	1089
Tubo acero rigido M40	2600	m	13.1	34060
Megáfono 80W con tubo acero galvanizado M40 para su circuito correspondiente desde la bandeja hasta el megáfono, con cableado de 2x2,5mm ² en paralelo, accesorios, incluida sirena acústica instalado y funcionando.	12	uds	32	384
Postes SOS tipo 2FO Instalación completa con tubo acero galvanizado M40 para su circuito correspondiente desde la bandeja hasta el poste, con cableado 2x25mm ² , accesorios, letrero luminoso, toma de tierra, cuadro eléctrico, montaje e instalación incluida sirena acústica instalado y funcionando.	12	uds	460	5520
BIE Boca de Incendio con manguera de 40m	12	uds	360	4320
Hidrante DN80 con toda la canalización y tuberías subterránea, accesorios, completamente instalado y funcionando. (estas tuberías también sirven para los BIE's), respetando la distancia mínima de 20 cm con la canalización eléctrica .	8	uds	17000	136000
GUIADO DE TRÁFICO				0
Panel Virtual exterior e interior completamente instalado con cableado de 2x25mm ² , incluido componentes, accesorios, cableado, soporte, etc.Totalmente probado y montado.con puntos de empalmes y accesorios de montaje que cumplan normativa ITC-BT-30 locales mojados. Totalmente instalado y probado	4	uds	8000	32000
Semáforo de tres aspectos de led, toma de tierra, columna de fundición, cimentación columna, incluido componentes, accesorios, cableado, soporte, etc.Totalmente probado y montado.	4	uds	952	3808
Barrera motorizada de control de acceso a túneles, telemandada, cuadro de mando y control, soporte. Etc. Totalmente montada, conexionada y funcionando	4	uds	850	3400
Señales fijas Panel de chapa para la entrada de ambos túneles según la normativa descripción de la DGT, indicando velocidad máxima, separación de vehículos, con cimentación, soporte e instalación.	6	uds	320	1920

XI.MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Señalización de salida adhesiva fotoluminscente pegada en cada puerta de salida de emrgencia y sobre acda luz de emergencia permanente.	32	uds	15	480
Puertas de emergencia,Puertas peatonales de emergencias metálicas galvanizadas de hojas de 1500x3000 con barras antipánico incluidas. Montaje e instalación.	24	uds	780	18720
Equipos de control, Equipos de control para el funcionamiento del túnel e transmisión de información, (ordenador, software, controlador SOS, monitores, servidores, mobiliario, etc.)	1	uds	56000	56000
SEGURIDAD Y SALUD				0
Vallado y señalización	10	uds	127	1270
Botiquín de primeros auxilios	1	uds	113	113
Ropa de trabajo	30	uds	75	2250
Casco de seguridad	30	uds	22.6	678
otros enseres de seguridad	1	uds	200	200
GESTIÓN DE RESIDUOS				0
Semanas de alquiler contenedores trapezoidales de 10 m ³	20		30.25	605
Semanas de alquiler contenedores trapezoidales de 3 m ³	20		15.6	312
Servicio de recgida transporte y gestión de residuos	25		89	2225
TOTAL				2581614.04

B. CUADRO RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Media Tensión	46042
Centro de seccionamiento y medida (CS)	21940
Centro de Transformación (CT)	50725
Baja Tensión	256429.45
Redes de Distribución y cableado	380231.59
Alumbrado del Túnel	1178842
Ventilación y Control de Incendios	523423
Guiado de Tráfico	116328
Seguridad y Salud	4511
Gestión de Residuos	3142
Total de Ejecución Material (€)	2581614.04

Total ejecución material	2581614.04 €
13 % Gastos generales	335610.82 €
6% Beneficio industrial	154896.84 €
21% IVA	103006.4 €
TOTAL PRESUPUESTO	3175127.10 €

Asciende el presupuesto de contrata a la cantidad total de TRES MILLONES CIENTO SETENTA Y CINCO MIL CIENTO VENTISIETE Y DIEZ CÉNTIMOS.

C. NOMBRE Y FECHA

Neel Marck Vargas Eufrazio
Béjar, Septiembre de 2017.