



VNIVERSIDAD
D SALAMANCA

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Mecánica

PROYECTO TÉCNICO DE EJECUCIÓN DE EDIFICIO
INDUSTRIAL PARA UN CONCESIONARIO Y
REPARACIÓN DE VEHÍCULOS CON INSTALACIONES
TOMO I

Autor: Francisco Manuel García Ingelmo

Tutor: Pedro Antonio Gómez Sánchez

Septiembre 2017

Índice general del tomo I

- I. MEMORIA

- II. ANEXOS
 - ANEXO: ESTUDIO GEOTÉCNICO
 - ANEXO: CÁLCULOS ANALÍTICOS ESTRUCTURALES
 - ANEXO: CÁLCULOS MEDIANTE CYPE DE LA ESTRUCTURA
 - ANEXO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA
 - ANEXO: INSTALACIÓN DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
 - ANEXO: INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO
 - ANEXO: INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN
 - ANEXO: INSTALACIÓN DE PRESIÓN
 - ANEXO: INSTALACIÓN DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

- III. PLIEGO DE CONDICIONES

- IV. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

I. MEMORIA

ÍNDICE

1. Datos iniciales	6
2. Objeto	6
3. Localización	7
4. Condicionantes de la zona	7
4.1. Condicionantes legales	7
4.2 Condicionantes físicos	11
5. Bases del Proyecto	11
5.1. Estado actual de la parcela	11
5.2. Orografía y topografía	11
5.3. Hidrografía.....	12
5.4. Datos geotécnicos.....	12
6. Ingeniería de obras.....	12
6.1. Descripción general.....	12
6.2. Descripción de las instalaciones	14
7. Cumplimiento del Código Técnico de la Edificación (CTE).....	15
7.1. Uso.....	15
7.2. Seguridad estructural	15
7.3. Higiene, salud y medio ambiente	15
7.4. Seguridad frente a incendios.....	16
7.5. Cumplimiento de otras normativas	16

8. Memoria Constructiva.....	17
8.1. Características generales.....	17
8.2. Estudio geotécnico.....	17
8.3. Tipo de cimentación.....	18
8.4. Placas de anclaje.....	18
8.5. Tipo de estructura.....	18
8.6. Solera.....	19
8.7. Tipo de cubierta.....	19
8.8. Instalaciones del edificio.....	19
8.8.1. Fontanería y saneamiento.....	20
8.8.2. Eléctrica.....	20
8.8.3. Presión.....	20
8.8.4. Climatización.....	20
8.8.5. Protección contra incendios.....	20
8.9. Revestimientos.....	20
9. Memoria justificativa.....	21

9.1. Documento Básico Seguridad Estructural (DB-SE) del CTE.....	21
9.2. Documento Básico Seguridad en Caso de Incendio (DB-SI)	22
9.3. Documento Básico Seguridad de Utilización (DB-SU)	22
9.3.1. Apartado SUA 1: Seguridad frente al Riesgo de Caídas.....	23
9.3.2. Apartado SUA 2: Seguridad frente al Riesgo de Impacto o de Atrapamiento.....	24
9.3.3. Apartado SUA 3: Seguridad frente al Riesgo de Aprisionamiento en Recintos.....	24
9.3.4. Apartado SUA 4: Seguridad frente al Riesgo Causado por Iluminación inadecuada	24
9.3.5. Apartado SUA 5: Seguridad frente al Riesgo Causado por Situaciones de Alta Ocupación.....	24
9.3.6. Apartado SUA 6: Seguridad frente al Riesgo de Ahogamiento.....	25
9.3.7. Apartado SUA 7: Seguridad frente al Riesgo Causado por Vehículos en movimiento.....	25
9.3.8. Apartado SUA 8: Seguridad frente al Riesgo Causado por la Acción del Rayo.....	25
9.3.9. Apartado SUA 9: Accesibilidad	25
9.4. Documento Básico de Salubridad (DB-HS).....	25
9.4.1. Apartado HS 1: Protección frente a la Humedad	27
9.4.2. Apartado HS 2: Recogida y Evacuación de Residuos	27
9.4.3. Apartado HS 3: Calidad del Aire Interior	27
9.4.4. Apartado HS 4: Suministro de Agua	27
9.4.5. Apartado HS 5: Evacuación de Aguas	27

9.5. Documento Básico de Protección contra el Ruido (DB-HR).....	27
9.6. Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE).....	28
9.6.1. Apartado HE 1: Limitación de la Demanda Energética	30
9.6.2. Apartado HE 2: Rendimiento de las Instalaciones Térmicas	30
9.6.3. Apartado HE 3: Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación	30
9.6.4. Apartado HE 4: Contribución Solar Mínima de ACS	30
9.6.5. Apartado HE 5: Contribución Fotovoltaica Mínima de Energía Eléctrica .	30
10. Estudio Básico de Seguridad y Salud.....	30
11. Resumen de la normativa de obligado cumplimiento	30
12. Diagrama de Gantt sobre duración de fases de obra	32
Referencias	34

1. Datos iniciales

El proyecto va destinado a realizar un edificio industrial cuya actividad será la venta, el arreglo y mantenimiento de automóviles. Para ello la nave dispondrá de una zona de exposición, de una zona de oficinas y de una zona de taller. El edificio industrial se situará en la Calle del Buen Alcalde del Polígono Industrial de Béjar, Salamanca. La parcela está vacía y el terreno se clasifica como industrial en polígono según sus condiciones de edificación y como industrial general según sus condiciones de uso. Se adjunta una imagen de la parcela que se utiliza:



Figura 1. Situación de la parcela obtenida del SIGPAC.

Al norte de la parcela se encuentra la calle de acceso a la parcela y al otro lado de la calle se sitúa un edificio industrial destinado a la venta de muebles. Al este y al oeste se sitúan dos parcelas, las cuales se encuentran vacías. Al sur de la parcela se encuentra la carretera que da acceso al único matadero del polígono.

2. Objeto

El objeto de este proyecto será la construcción de una nave industrial y sus diferentes instalaciones destinadas a la venta, reparación y mantenimiento de vehículos y la cual dispondrá de distintas partes que serán una zona de exposición de los vehículos, una

zona de oficinas para la gestión y una zona de taller para la reparación y mantenimiento de los vehículos.

3. Localización

La situación de la parcela Nº 98 es la Calle del Buen Alcalde del Polígono Industrial de Béjar, Salamanca. En la ilustración 1 se observa una imagen aérea de la zona del polígono donde se situará la nave industrial. Sus coordenadas son 40°23'39.55"N 5°47'28.83"W. La superficie total de la parcela es de 2760 m².

4. Condicionantes de la zona

4.1. Condicionantes legales

La normativa que se utiliza para la realización de todo el proyecto es la siguiente:

- Ley de ordenación de la edificación, Ley 38/1999.
- Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado por el R.D.314/2006, del 17 de Marzo.
- R.D.1.627/97 sobre Seguridad y Salud en las obras de construcción.
- R.D.486/1997 de 14 de Abril sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Decreto de 17 de Mayo de 2012, de la Delegada del Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda, por el que se aprueba la Instrucción relativa al contenido de los Proyectos Técnicos exigibles para las actuaciones encuadradas en el procedimiento ordinario.
- Normas urbanísticas del Ayuntamiento de Béjar.
- Ley 8/1993, de 22 de Junio, de Promoción de la Accesibilidad y Supresión de Barreras Arquitectónicas.

A parte de estas normas, se tiene en cuenta algunas prescripciones de normativa específica sobre instalaciones que son:

- R.D.1027/2007 de 20 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).

- R.D. 2267/2004 de 3 de Diciembre, por el que aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales (RSCIEI).
- Ordenanza de Protección contra la Contaminación Acústica y Térmica (OPCAT), con fecha de 14 de Marzo de 2011.
- Ordenanza general de Protección del Medio Ambiente Urbano (OPMAU), con fecha de 24 de Julio de 1985.
- Reglamento Electrónico para Baja Tensión (REBT) aprobado por el Real Decreto 842/2002 y publicado en el BOE del 2 / VIII / 2002 e instrucciones técnicas complementarias.
- Recopilación de normas UNE incluidas en el REBT.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de Diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.

Además, debe cumplirse las prescripciones indicadas en el Plan General de Organización Urbanística del municipio (Béjar), el cual se puede obtener en el ayuntamiento de dicho municipio.

A continuación, se adjunta la ficha urbanística de la parcela.

➤ **Ficha urbanística**

EDIFICABILIDAD USOS LUCRATIVOS:	
RESIDENCIAL	... m2
NAVE INDUSTRIAL	2760 m2
DOTACIONAL PRIVADO	... m2
OTROS	... m2
TOTAL EDIFICABILIDAD:	2208 m2
INTENSIDAD:	0.8 m2/m2
Nº Indic. Viviendas	0
OBSERVACIONES	
<p>Señalar que el valor máximo permitido de edificabilidad lo obtenemos de la Normativa del Plan General de Ordenación de Béjar y no del Plano de ordenación de nuestras parcelas ya que existe una incoherencia entre los datos de ambos y siguiendo el Reglamento de Urbanismo de Castilla y León, Decreto 22-2010, Artículo 176 "Interpretación", el cual indica que si existe alguna discrepancia entre los datos de los anteriores documentos prevalecen los recogidos en la Normativa sobre los de los planos de ordenación.</p>	

Tabla 1. Datos sobre la edificabilidad tomada para la parcela.

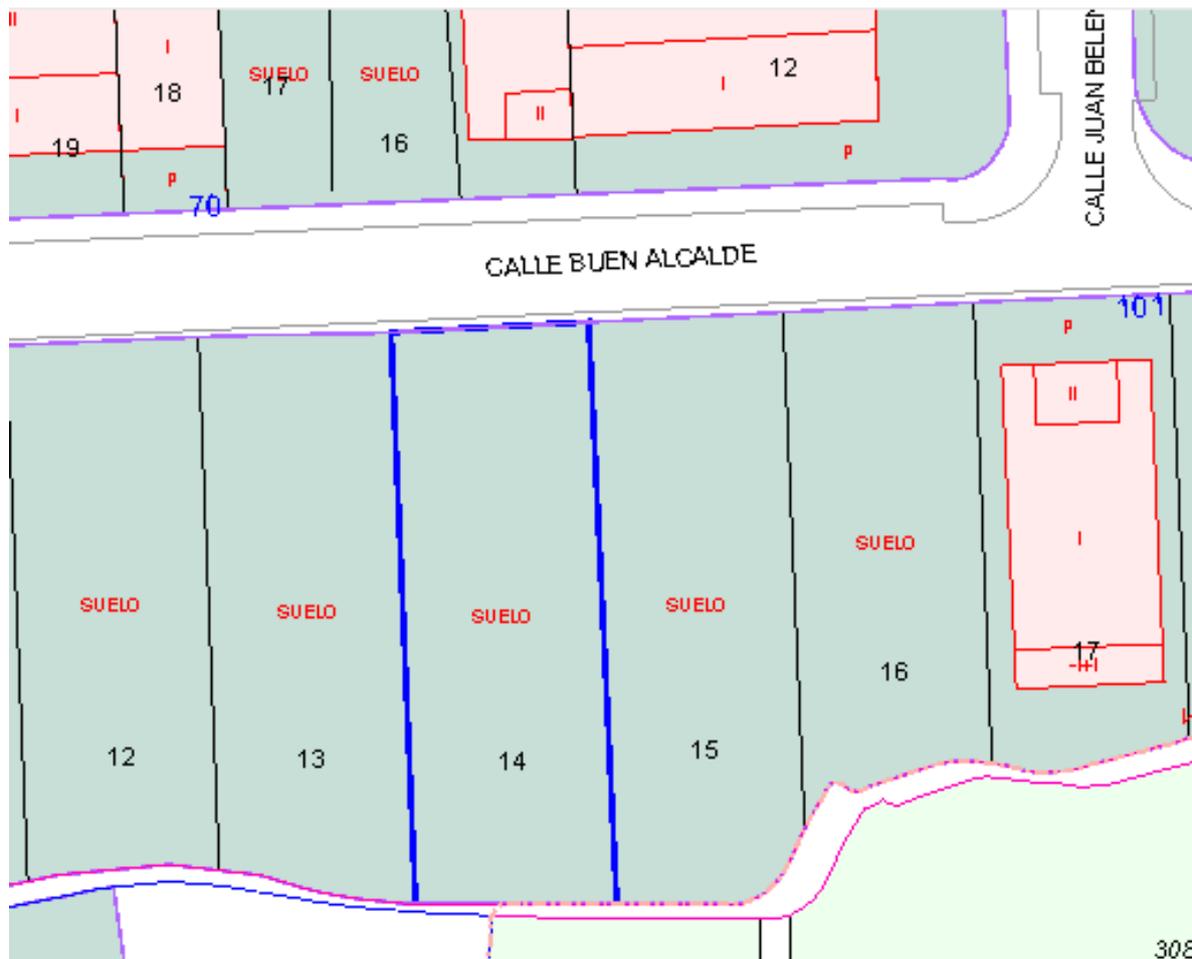


Figura 2. Vista de la parcela obtenida de la Sede Electrónica del Catastro.

	EXIGIDO	CONSTRUIDO	
RETRANQUEO A VÍA PÚBLICA (m)	10	10	CUMPLE
RETRANQUEO A LINDERO (m)	3	3	CUMPLE
EDIFICABILIDAD (m ² /m ²)	0.8	0.764	CUMPLE
ALTURA MÁXIMA B+I (m)	11	11	CUMPLE
SUPERFICIE PLANTA BAJA (m ²)	1887.5	1875	CUMPLE
SUPERFICIE PRIMERA PLANTA (m ²)	320.5	234	CUMPLE

Tabla 2. Cumplimiento de las exigencias urbanísticas.

4.2 Condicionantes físicos

La parcela dispone de una superficie total de 2760 m². Se encuentra situada en la calle Buen Alcalde del Polígono Industrial de Béjar, Salamanca. Teniendo en cuenta las normas urbanísticas municipales impuestas por el Ayuntamiento de Béjar en dicho polígono, es necesario realizar una serie de retranqueos:

- Zona Norte: 10 m
- Zona Sur: 3'5 m
- Zona Oeste y Zona Este: 3 m

Estos retranqueos cumplen a la perfección con los retranqueos mínimos establecidos por la normativa urbanística, la cual exige un retranqueo mínimo de 10 metros con respecto a la carretera que da acceso a la parcela y un retranqueo mínimo de 3 metros en el resto de zonas. Toda la distribución y características de la obra se adaptan a las necesidades y peticiones de la propiedad.

5. Bases del Proyecto

5.1. Estado actual de la parcela

La parcela, en la que se realizará la obra, es llana y no se halla en ella ningún tipo de edificación ni construcción. Es necesario realizar las operaciones de limpieza y desbroce para preparar el terreno para la obra.

5.2. Orografía y topografía

El terreno de la parcela tiene una mínima pendiente desde la parte de entrada a la parcela a la parte trasera y no presenta ningún tipo de inconveniente a la hora de realizar los trabajos de movimiento de tierras.

5.3. Hidrografía

En la situación donde se encuentra la parcela, no hay ningún tipo de cuenca hidrográfica. El cauce más cercano al polígono es el del río “Cuerpo de Hombre”, que es el río que pasa por el municipio de Béjar y el cual se encuentra alejado de la parcela. Esto indica que no es necesario el permiso de la confederación hidrográfica.

El polígono cuenta con una buena red de saneamiento y no requiere la realización de ninguna obra para mejora esta red. En la zona, no hay peligros de que haya desbordamientos de agua debido a esta buena red de saneamiento y a que no hay ningún curso de agua cercano.

5.4. Datos geotécnicos

Se estima una carga del terreno de 3 kg/cm^2 y por motivos de seguridad se utilizará a la hora de realizar los cálculos un valor de 2 kg/cm^2 . A la hora de hacer el desmonte del terreno, según el estudio geotécnico, este tendrá una profundidad aproximada de 2'1 metros, ya que a esa profundidad se encuentra roca granítica sana que permitirá la realización de la cimentación de una forma segura.

Para la realización de pruebas, se utilizan 3 calicatas, de las cuales, la más profunda se sitúa a 2'1 metros de profundidad. Se toman muestras de las calicatas a diferentes alturas para determinar qué tipo de terreno tenemos a diferentes profundidades y determinar a qué profundidad tenemos el terreno necesario para la cimentación. Los datos y resultados de las pruebas están incluidos en el anejo del estudio geotécnico.

6. Ingeniería de obras

6.1. Descripción general

Los datos acerca de la obra que se va a realizar son:

- Distribución de la nave: la nave dispondrá de 2109 m^2 totales construidos, repartidos en 1875 m^2 en planta baja y 234 m^2 en para la primera planta. La repartición de la nave, en cuanto a metros construidos, será:

- Zona de Exposición: 231 m² construidos.
 - Servicios públicos: 12 m² construidos.
 - Zona de Aparcamiento: 219 m² construidos.
 - Zona de Taller: 1149 m² construidos
 - Vestuarios: 60 m² construidos.
 - Cabina del almacén industrial: 9 m² construidos.
 - Almacén industrial: 195 m² construidos.
 - Zona de oficinas: 231 m² construidos
 - Descansillo de la escalera de acceso a las oficinas: 3 m² construidos.
- Cimentación: el estudio de la cimentación se realizará para diferentes tipos de zapatas rígidas y flexibles aisladas y unidas por vigas de atado, con el fin de evitar desplazamientos diferenciales entre éstas.
- Estructura de la edificación: la estructura principal de la obra estará formada por pórticos a dos aguas, con un perfil HEB 360 para los pilares y un perfil HEB 400 para los dinteles. El primer y último pórtico llevan unos pilares centrales con un perfil HEB 360, mientras que los pórticos 2,3 y 4, también llevan esos pilares centrales pero con un perfil HEB 160. Además, en el primer pórtico se colocan dos vigas entre los pilares centrales de perfil HEB 240, necesarios para el tipo de cerramiento que se coloca en dicha fachada. Dentro de la nave, se dispondrá de una estructura secundaria formada por celosías colocadas sobre pilares y cuya función será soportar el forjado de las oficinas. Se dispondrán 4 celosías, dos interiores y dos exteriores. En las celosías exteriores, se colocarán como tirantes perfiles UPE 100 doble en cajón soldado y para los montantes y diagonales se colocarán perfiles UPE 120. En las celosías interiores, se colocarán como tirantes perfiles UPE 160 doble en cajón soldado y como montantes y diagonales se colocarán perfiles UPE 180. Los pilares que soportarán las celosías exteriores serán perfiles HEB 100 y los pilares de las celosías interiores serán perfiles HEB 140. Toda la estructura estará realizada con acero laminado S-275.
- Cubierta: estará formada por paneles sándwich con tapajuntas de 40 mm de espesor e irán colocadas sobre correas. Las correas de la obra serán de 2 vanos, es decir, se realizan vigas que van apoyadas en 3 pórticos y serán de un perfil IPE 140 y de acero S 235.
- Cerramientos: el cerramiento exterior de la obra será de placas alveolares de hormigón con un ancho de 1'2 metros, excepto, en la fachada principal en la que, la parte situada entre los pilares centrales del pórtico, se colocará un cerramiento de muro cortina.

- Solera: las soleras de la nave y exterior serán de hormigón HA-25 N/mm² enriquecida con fibra de polipropileno. Bajo las soleras, para evitar deformaciones de éstas, se colocarán encachados de piedra o de bolo. Para evitar las fisuras por asentamientos o por el tránsito de algún vehículo o elemento pesado, la solera se realizará sobre un encachado de pieza caliza 40/80 y una capa posterior de zahorra artificial tipo Z2. Ambas capas serán extendidas y compactadas con pisón previo regado del material extendido.

6.2. Descripción de las instalaciones

- Instalación de fontanería: se dispone de 3 baños de servicios públicos y de 2 baños para vestuarios. Los baños de los servicios públicos tienen las mismas medidas y disponen de un lavabo y un inodoro cada uno. Por otra parte, los baños de los vestuarios tienen las mismas medidas y disponen de dos lavabos, un inodoro y una ducha cada uno, además el baños del vestuario masculino incluye dos mingitorios. Además dentro de la zona de taller irán repartidos 3 tomas de agua, cuya función es la limpieza.
- Instalación de saneamiento: la instalación irá destinada a recoger agua de todos los baños mencionados en la instalación de fontanería, aguas pluviales recogidas en canalones y el agua mezclada con sustancias que es recogida por los sumideros colocados en el taller y que requerirá un tratamiento previo antes de juntarse con el resto de agua que se recogen.
- Instalación de climatización: esta instalación se diseñará solo para climatizar la zona de oficinas y para ello se utilizará una bomba de calor aire-aire con 4 split uno para cada oficina.
- Instalación de presión: esta instalación es necesaria para poder utilizar diferente maquinaria del taller. Para ello, es necesario un compresor, el cual se coloca en el lateral izquierdo de la nave e ira dentro de un habitáculo cerrado para que no esté a la intemperie. A parte del compresor, tendrá una serie de conductos que irán a los diferentes box del taller.
- Instalación eléctrica: todo lo referente a esta instalación lo podemos consultar en el anejo de instalación eléctrica, donde se han tenido en cuenta todas las líneas que son necesarias para este tipo de uso industrial.
- Instalación de protección contra incendios: la instalación cumple con la normativa correspondiente. Se ha realizado sectorizando la nave en 3 grandes sectores, que

son el sector de almacenamiento, el sector de fabricación y venta y el sector administrativo.

7. Cumplimiento del Código Técnico de la Edificación (CTE)

7.1. Uso

El diseño y el dimensionamiento de la obra se justifica con el fin de al que se dedica y las necesidades impuestas por el propietario. La nave dispondrá de instalación de fontanería, instalación de saneamiento, instalación de climatización, instalación de presión, instalación eléctrica e instalación contra incendios.

Toda configuración de espacios y elementos fijos y móviles que se coloquen en el edificio, se diseñarán con el fin de que puedan ser usados para los motivos previstos dentro de las limitaciones del uso del edificio.

7.2. Seguridad estructural

Los aspectos que se han tenido en cuenta a la hora de realizar la estructura del proyecto son:

- Resistencia mecánica y estabilidad
- Durabilidad
- Seguridad
- Economía y facilidad constructiva
- Posibilidad de mercado

Los cálculos realizados para estructura estarán recogidos en el anejo de cálculos analíticos de la estructura.

7.3. Higiene, salud y medio ambiente

En el proyecto, se indicarán y dispondrán de diferentes medio para evitar que hay presencia de aguas o humedades en distintas zonas (debido a pluviales, atmosféricos, del terreno o de condensaciones). También se dispondrán de los medios adecuados y

necesarios para que se realicen de forma correcta las actividades de evacuación e impedimento de la penetración de éstas.

Los residuos se recogerán hacia el sistema público de recogida. Los suelos de la nave serán impermeables y de fácil limpieza y las paredes serán lisas, resistentes e impermeables.

7.4. Seguridad frente a incendios

La nave se dimensionará de manera que haya un fácil acceso para facilitar la entrada del camión de bomberos si surgiese el caso de que tengan que acudir. Además, la zona exterior cumplirá con las condiciones suficientes de la normativa correspondiente en el caso de intervención de dicho cuerpo por motivo de incendio.

Los elementos estructurales tendrán una resistencia al fuego igual o superior a la mínima exigida por la norma. No se dispondrá de ningún elemento con baja resistencia al fuego que pueda perjudicar la resistencia de la estructura y no permita asegurar la seguridad del edificio y de sus ocupantes.

7.5. Cumplimiento de otras normativas

A parte del cumplimiento del Código Técnico de la Edificación, existen otros tipos de normativas que han de cumplirse para la realización del proyecto que son:

- EHE-08: se cumple con las prescripciones de la instrucción de hormigón estructural y se complementan sus determinaciones con los Documentos Básicos de Seguridad Estructural.
- REBT: Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002. Es el Reglamento Electrónico de Baja Tensión.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de Diciembre de 2008. Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- RSCIEI: Real Decreto 2267/2004, de 3 de Diciembre de 2004. Se trata del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimiento Industriales.

8. Memoria Constructiva

8.1. Características generales

La planta de la edificación será de forma rectangular que dispondrá de una planta sobre rasante y una planta superior que ocupara una zona rectangular de la superficie. La cubierta es a dos aguas y simétrica. Las dimensiones de la nave se ajustarán a la norma urbanística y serán las siguientes:

- Longitud: 75 m
- Anchura: 25 m
- Pendiente de la cubierta: 16 %
- Altura lateral: 9 m
- Altura a cumbrero: 11 m
- Superficie total construida: 2109 m²

La edificación poseerá las siguientes características:

- Cimentación de hormigón armado
- Solera de hormigón armado
- La estructura principal constará de pórticos a dos aguas, alguno con pilares intermedios. La estructura secundaria constará de celosías colocadas sobre pilares.
- La cubierta se realizará con paneles sándwich.
- La colocación de placas alveolares de hormigón como cerramiento permite un arriostramiento de los pilares de los pórticos.

Cualquier dato o detalle que sea necesario consultar o revisar estará recogido y explicado en el anejo de cálculos analíticos de la estructura.

8.2. Estudio geotécnico

Este estudio será necesario para tener un conocimiento del terreno que disponemos en el suelo de la nave. Cualquier dato o duda que sea necesarios consultar o revisar estará recogido en el anejo estudio geotécnico.

8.3. Tipo de cimentación

La cimentación se realizará por medio de zapatas rígidas o flexibles y aisladas, todas unidas por medio de vigas de atado. Los cálculos, resultados y explicaciones obtenidas se recogerán en el anejo de cálculos analíticos de la estructura y en el anejo de cálculo mediante Cype de la estructura.

8.4. Placas de anclaje

Habrán 4 tipos de placas de anclaje:

1. Placa de anclaje de acero S 275JR de 600x700x40 mm con 8 pernos de acero B-500 S, de diámetro 40 mm y con una longitud en forma de gancho a 180 grados de 80 cm, soldadas, i/taladrado central, colocada. Según normas EHE-08 y CTE-SE-AE/A.
2. Placa de anclaje de acero S 275JR de 250x250x11 mm con 4 pernos de acero B-500 S, de diámetro 10 mm y con una longitud en forma de gancho a 180 grados de 30 cm, soldadas, i/taladrado central, colocada. Según normas EHE-08 y CTE-SE-AE/A.
3. Placa de anclaje de acero S 275JR de 250x250x15 mm con 4 pernos de acero B-500 S, de diámetro 10 mm y con una longitud en forma de gancho a 180 grados de 30 cm, soldadas, i/taladrado central, colocada. Según normas EHE-08 y CTE-SE-AE/A.
4. Placa de anclaje de acero S 275JR de 200x200x18 mm con 4 pernos de acero B-500 S, de diámetro 8 mm y con una longitud en forma de gancho a 180 grados de 30 cm, soldadas, i/taladrado central, colocada. Según normas EHE-08 y CTE-SE-AE/A.

8.5. Tipo de estructura

El tipo de acero que se utilizará en la estructura será un acero laminado S 275 utilizando diferentes tipos de perfiles, excepto en las correas que se utiliza un acero laminado S 235.

Para las correas del edificio industrial, el tipo de perfil que se usará es una IPE 140. Las correas serán de 2 vanos y cada vano del edificio industrial será de 5 metros por lo que las correas medirán 10 metros cada una. Las correas sean realizan con esa longitud para conseguir tanto un arriostramiento como que las deformaciones en el E.L.S. sean inferiores y ahorrarnos así el usar un perfil mayor.

Para los pórticos se utilizará un perfil HEB 400 para los dinteles y un perfil HEB 360 para los pilares. El primer y el último pórtico dispondrán de pilares intermedios con un perfil

HEB 360. También tendrán pilares intermedios los pórticos 2, 3 y 4 pero en estos casos el perfil que se usará es un perfil HEB 160. Además el primer pórtico tendrá dos vigas entre los pilares intermedios de perfil HEB 240 para que se pueda colocar el cerramiento de muro cortina.

Habrán dos tipos de celosías sobre las que se colocará el forjado de las oficinas, celosías interiores y celosías exteriores. Para las celosías exteriores se utilizarán como tirantes perfiles UPE 100 doble en cajón soldado y como montantes y diagonales perfiles UPE 120. Por otro lado, para las celosías interiores se utilizarán como tirantes perfiles UPE 160 doble en cajón soldado y como montantes y diagonales perfiles UPE 180. Los pilares que se usarán para las celosías exteriores serán perfiles HEB 100 y para las celosías interiores serán perfiles HEB 140.

8.6. Solera

La solera se resolverá con hormigón armado por la parte inferior para evitar agrietamientos y deformaciones que puedan provocar los pesos que tenga que soportar debido a la entrada de vehículos y mercancías.

8.7. Tipo de cubierta

La cubierta que se estudiará se resolverá con paneles tipo sándwich con tapajuntas de 40 mm de espesor. Es un buen aislante térmico ya que posee una transmitancia térmica de $0'43 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$. Tiene la cualidad de resistir el viento y comportarse mejor ante situaciones adversas de lluvia, humedad y frío. Se trata de un panel de cubierta con tres capas y un recubrimiento adicional sobre la unión entre dos placas para una mayor protección frente a filtraciones y humedades. Su núcleo aislante se fabrica en espumas PUR y PIR de alta densidad, a 40 kg/m^3 , para asegurar un buen aislamiento térmico. En su fabricación se utilizan aceros especiales, galvanizados y prelacados, que cumplen con la norma EN 508-1.

8.8. Instalaciones del edificio

8.8.1. Fontanería y saneamiento

Todos los cálculos y detalles de las instalaciones de fontanería y de saneamiento se recogen en los anejos de instalación de suministro de agua e instalación de saneamiento. También se dispondrá de los planos con sus detalles técnicos.

8.8.2. Eléctrica

Los cálculos y detalles de la instalación eléctrica están recogidos en el anejo de instalación eléctrica y en sus correspondientes planos.

8.8.3. Presión

Los cálculos y detalles de la instalación de presión están recogidos en el anejo de instalación de presión y en sus correspondientes planos.

8.8.4. Climatización

Los cálculos y detalles de la instalación de climatización están recogidos en el anejo de instalación de climatización.

8.8.5. Protección contra incendios

Los cálculos y detalles de la instalación de protección contra incendios están recogidos en el anejo de instalación de seguridad contra incendios y en sus correspondientes planos.

8.9. Revestimientos

El exterior de la nave será pintada con dos manos de pintura blanca, ya que será más fácil realizar modificaciones y de con mayor ahorro en caso de que el dueño quiera realizar algún cambio estético.

En las zonas del interior de la nave, más específicamente en la zona de exposición, en la zona de oficina en los servicios público, en los vestuarios, en la cabina de almacén y en el almacén se aplicará dos manos de pintura plástica blanca. Esto permite diferenciar todas estas zonas de la zona de taller.

Por otro lado, en la zona de taller dentro de la nave se aplicara dos capas de pintura plástica gris, lo cual permite que la pared se asemeje a las placas de hormigón que forman el cerramiento de la nave.

9. Memoria justificativa

9.1. Documento Básico Seguridad Estructural (DB-SE) del CTE

Los cálculos que se realizan siguen las indicaciones y procedimientos que indica el CTE para cumplir sus exigencias. A continuación se incluyen dichos requisitos y exigencias básicas.

Artículo 10. Exigencias básicas de seguridad estructural (SE)

1. El objetivo del requisito básico "Seguridad estructural" consiste en asegurar que el *edificio* tiene un *comportamiento estructural adecuado* frente a las *acciones e influencias previsibles* a las que pueda estar sometido durante su *construcción y uso previsto*.
2. Para satisfacer este objetivo, los *edificios* se proyectarán, fabricarán, construirán y mantendrán de forma que cumplan con una fiabilidad adecuada las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.
3. Los Documentos Básicos "DB-SE Seguridad Estructural", "DB-SE-AE Acciones en la Edificación", "DB-SE-C Cimientos", "DB-SE-A Acero", "DB-SE-F Fábrica" y "DB-SE-M Madera", especifican parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad estructural.

10.1. Exigencia básica SE 1: Resistencia y estabilidad

La resistencia y la estabilidad serán las adecuadas para que no se generen *riesgos* indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las *acciones e influencias previsibles* durante las fases de *construcción y usos previstos* de los *edificios*, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el *mantenimiento previsto*.

10.2. Exigencia básica SE 2: Aptitud al servicio

La aptitud al servicio será conforme con el *uso previsto* del *edificio*, de forma que no se produzcan *deformaciones inadmisibles*, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un *comportamiento dinámico inadmisibles* y no se produzcan *degradaciones o anomalías inadmisibles*.

Figura 3. Requisitos y exigencias básicas del DB-SE [1]

A la hora de realizar el proyecto, existen varios documentos del CTE DB-SE que se tienen en cuenta y que son:

- DB-SE Seguridad estructural.
- DB-SE-AE Acciones en la Edificación.
- DB-SE-C Cimentaciones.
- DB-SE-A Estructuras de Acero.

A partes de estos documentos se tienen que tener en cuenta especificaciones de la norma EHE "Instrucción de Hormigón Estructural".

9.2. Documento Básico Seguridad en Caso de Incendio (DB-SI)

Este documento pretende establecer las reglas y los procedimientos necesarios que permitan cumplir las exigencias básicas en cuanto a la seguridad frente a un incendio. Para este proyecto se han tenido en cuenta las exigencias desde el apartado SI 1 hasta el apartado SI 6.

Se ha sectorizado la nave en tres sectores y se han estudiado de forma que todos ellos cumplan los requisitos básicos de seguridad en caso de incendio.

9.3. Documento Básico Seguridad de Utilización (DB-SU)

El objeto de este documento es establecer reglas y procedimientos que permitan cumplir con las exigencias básicas de seguridad de utilización y accesibilidad. Dichas exigencias básicas son las que se indican a continuación:

Artículo 12. Exigencias básicas de seguridad de utilización (SUA)
<p>1. El objetivo del requisito básico "Seguridad de utilización y accesibilidad" consiste en reducir a límites aceptables el <i>riesgo</i> de que los <i>usuarios</i> sufran daños inmediatos en el <i>uso previsto</i> de los edificios, como consecuencia de las características de su <i>proyecto, construcción, uso y mantenimiento</i>, así como en facilitar el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura de los mismos a las personas con discapacidad.</p> <p>2. Para satisfacer este objetivo, los <i>edificios</i> se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.</p> <p>3. El Documento Básico DB-SUA Seguridad de utilización y accesibilidad especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad de utilización y accesibilidad.</p>
<p>12.1. Exigencia básica SUA 1: Seguridad frente al riesgo de caídas</p> <p>Se limitará el <i>riesgo</i> de que los <i>usuarios</i> sufran caídas, para lo cual los suelos serán adecuados para favorecer que las personas no resbalen, tropiecen o se dificulte la movilidad. Asimismo se limitará el riesgo de caídas en huecos, en cambios de nivel y en escaleras y rampas, facilitándose la limpieza de los acristalamientos exteriores en condiciones de seguridad.</p>
<p>12.2. Exigencia básica SUA 2: Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento</p> <p>Se limitará el <i>riesgo</i> de que los <i>usuarios</i> puedan sufrir impacto o atrapamiento con elementos fijos o practicables del edificio.</p>
<p>12.3. Exigencia básica SUA 3: Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento</p> <p>Se limitará el <i>riesgo</i> de que los <i>usuarios</i> puedan quedar accidentalmente aprisionados en recintos.</p>
<p>12.4. Exigencia básica SUA 4: Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada</p> <p>Se limitará el <i>riesgo</i> de daños a las personas como consecuencia de una iluminación inadecuada en zonas de circulación de los <i>edificios</i>, tanto interiores como exteriores, incluso en caso de emergencia o de fallo del alumbrado normal.</p>
<p>12.5. Exigencia básica SUA 5: Seguridad frente al riesgo causado por situaciones con alta ocupación</p> <p>Se limitará el <i>riesgo</i> causado por situaciones con alta ocupación facilitando la circulación de las personas y la sectorización con elementos de protección y contención en previsión del riesgo de aplastamiento.</p>
<p>12.6. Exigencia básica SUA 6: Seguridad frente al riesgo de ahogamiento</p> <p>Se limitará el <i>riesgo</i> de caídas que puedan derivar en ahogamiento en piscinas, depósitos, pozos y similares mediante elementos que restrinjan el acceso.</p>
<p>12.7. Exigencia básica SUA 7: Seguridad frente al riesgo causado por vehículos en movimiento</p> <p>Se limitará el <i>riesgo</i> causado por vehículos en movimiento atendiendo a los tipos de pavimentos y la señalización y protección de las zonas de circulación rodada y de las personas.</p>
<p>12.8. Exigencia básica SUA 8: Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo</p> <p>Se limitará el <i>riesgo</i> de electrocución y de incendio causado por la acción del rayo, mediante instalaciones adecuadas de protección contra el rayo.</p>
<p>12.9. Exigencia básica SUA 9: Accesibilidad</p> <p>Se facilitará el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura de los edificios a las personas con discapacidad.</p>

Figura 4. Requisitos y exigencias básicas del DB-SU [2]

9.3.1. Apartado SUA 1: Seguridad frente al Riesgo de Caídas

- Resbaladidad de los suelos: se aplicará tanto en la zona de oficinas colocando tarima y en la zona de exposición, servicios públicos y vestuarios colocando baldosas antideslizantes. En caso de que se pueda resbalar por cualquier motivo habrá que señalizarlo.
- Discontinuidades en el pavimento: al ser un edificio industrial, no se podrá aplicar lo dispuesto en el Apartado 2, al estar encuadrado en la categoría de uso restringido, entendido como zona limitada a la circulación de un máximo de 10 personas que

tengan el carácter de habituales. En la zona de oficinas, al no existir discontinuidades reseñables queda fuera del ámbito de aplicación.

- Desniveles: se cumplirán todas las restricciones necesarias debido a la diferencia de altura que hay con la zona de oficinas.
- Escaleras y rampas: se cumplirán todas las exigencias necesarias en la escalera de acceso a la zona de oficinas que incluye el proyecto.
- Limpieza de los acristalamientos exteriores: será de aplicación tanto para el muro cortina de la fachada principal como para el cerramiento de cristal que se coloca en la zona de oficinas.

9.3.2. Apartado SUA 2: Seguridad frente al Riesgo de Impacto o de Atrapamiento

- Impacto: en el anejo del estudio de seguridad y salud se verá la solución adoptada para este apartado.
- Atrapamiento: no se colocarán puertas correderas ya que presentan riesgo de atrapamiento por lo que no se aplica lo dispuesto en el apartado 2.

9.3.3. Apartado SUA 3: Seguridad frente al Riesgo de Aprisionamiento en Recintos

Como el edificio cuenta con puertas de acceso de accionables desde ambos lados, no es necesario aplicar lo dispuesto en el apartado 1. En el caso de los baños contará con un instrumento de apertura desde el exterior que permita acceder al baño en caso de emergencia.

9.3.4. Apartado SUA 4: Seguridad frente al Riesgo Causado por Iluminación inadecuada

Al tener el edificio una instalación de alumbrado de emergencia, se cumplen los artículos 1 y 2. Se cumplirá los requisitos mínimos establecidos en el SUA 4, lo cual estará todo especificado en el anejo de instalación eléctrica de este proyecto técnico.

9.3.5. Apartado SUA 5: Seguridad frente al Riesgo Causado por Situaciones de Alta Ocupación

El proyecto está exento de cumplir las condiciones de este apartado, ya que no se incluye su uso en ninguno de los contemplados en el artículo 1 del apartado.

9.3.6. Apartado SUA 6: Seguridad frente al Riesgo de Ahogamiento

No se aplica ya que no se contempla ninguna piscina, pozo o depósito.

9.3.7. Apartado SUA 7: Seguridad frente al Riesgo Causado por Vehículos en movimiento

Será necesaria dicha seguridad frente al riesgo causado por vehículos en movimiento, y si es necesario, dicha solución se dispondrá en el anejo del estudio de seguridad y salud.

9.3.8. Apartado SUA 8: Seguridad frente al Riesgo Causado por la Acción del Rayo

No será necesaria la instalación de un sistema de protección contra rayos.

9.3.9. Apartado SUA 9: Accesibilidad

Este proyecto está exento del cumplimiento, siempre que todos los accesos y los baños cumplan con los requisitos mínimos de accesibilidad.

9.4. Documento Básico de Salubridad (DB-HS)

El objeto es establecer las reglas y procedimientos que permitan cumplir con las exigencias básicas de salubridad. A continuación se incluyen dichas exigencias.

<p>Artículo 13. Exigencias básicas de salubridad (HS)</p> <ol style="list-style-type: none">1. El objetivo del requisito básico "Higiene, salud y protección del medio ambiente", tratado en adelante bajo el término salubridad, consiste en reducir a límites aceptables el <i>riesgo</i> de que los <i>usuarios</i>, dentro de los <i>edificios</i> y en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o enfermedades, así como el <i>riesgo</i> de que los <i>edificios</i> se deterioren y de que deterioren el medio ambiente en su entorno inmediato, como consecuencia de las características de su <i>proyecto, construcción, uso y mantenimiento</i>.2. Para satisfacer este objetivo, los <i>edificios</i> se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de tal forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.3. El Documento Básico "DB HS Salubridad" especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de salubridad. <p>13.1 Exigencia básica HS 1: Protección frente a la humedad</p> <p>Se limitará el <i>riesgo</i> previsible de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus <i>cerramientos</i> como consecuencia del agua procedente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, del terreno o de condensaciones, disponiendo medios que impidan su penetración o, en su caso permitan su evacuación sin producción de daños.</p> <p>13.2 Exigencia básica HS 2: Recogida y evacuación de residuos</p> <p>Los <i>edificios</i> dispondrán de espacios y medios para extraer los residuos ordinarios generados en ellos de forma acorde con el sistema público de recogida de tal forma que se facilite la adecuada separación en origen de dichos residuos, la recogida selectiva de los mismos y su posterior gestión.</p> <p>13.3 Exigencia básica HS 3: Calidad del aire interior</p> <ol style="list-style-type: none">1 Los <i>edificios</i> dispondrán de medios para que sus <i>recintos</i> se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los edificios, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes.2 Para limitar el riesgo de contaminación del aire interior de los edificios y del entorno exterior en fachadas y patios, la evacuación de productos de combustión de las instalaciones térmicas se producirá, con carácter general, por la cubierta del edificio, con independencia del tipo de combustible y del aparato que se utilice, de acuerdo con la reglamentación específica sobre instalaciones térmicas. <p>13.4 Exigencia básica HS 4: Suministro de agua</p> <p>Los <i>edificios</i> dispondrán de medios adecuados para suministrar al equipamiento higiénico previsto agua apta para el consumo de forma sostenible, aportando caudales suficientes para su funcionamiento, sin alteración de las propiedades de aptitud para el consumo e impidiendo los posibles retornos que puedan contaminar la red, incorporando medios que permitan el ahorro y el control del agua.</p> <p>Los equipos de producción de agua caliente dotados de sistemas de acumulación y los puntos terminales de utilización tendrán unas características tales que eviten el desarrollo de gérmenes patógenos.</p> <p>13.5 Exigencia básica HS 5: Evacuación de aguas</p> <p>Los <i>edificios</i> dispondrán de medios adecuados para extraer las aguas residuales generadas en ellos de forma independiente o conjunta con las precipitaciones atmosféricas y con las escorrentías.</p>
--

Figura 5. Requisitos y exigencias básicas del DB-HS [3]

9.4.1. Apartado HS 1: Protección frente a la Humedad

Se utilizará materiales certificados para aislar y proteger el edificio frente a humedades, condensaciones o filtraciones.

9.4.2. Apartado HS 2: Recogida y Evacuación de Residuos

Como el edificio industrial va destinado a un concesionario, no se realizan tareas o procesos que generan residuos. Por tanto, el proyecto queda exento de cumplir este apartado.

9.4.3. Apartado HS 3: Calidad del Aire Interior

Para proteger el aire interior de los humos y gases que se puedan producir en el interior de la nave a cuenta de los vehículos, se incluye en el proyecto un sistema de extractor de gases de escape sencillo/doble. Estos sistemas se colocan en la zona de taller.

9.4.4. Apartado HS 4: Suministro de Agua

Se justifica su cumplimiento conforme a lo que se detalla en el anejo de instalación de suministro de agua.

9.4.5. Apartado HS 5: Evacuación de Aguas

Se justifica su cumplimiento conforme a lo que se detalla en el anejo de instalación de saneamiento.

9.5. Documento Básico de Protección contra el Ruido (DB-HR)

El objeto de este documento es establecer las reglas y procedimientos que cumplen con las exigencias básicas de este documento. A continuación se incluyen las exigencias indicadas.

Artículo 14. Exigencias básicas de protección frente al ruido (HR)

El objetivo del requisito básico "Protección frente al ruido" consiste en limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán y mantendrán de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus *recintos* tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el ruido reverberante de los *recintos*.

El Documento Básico "DB HR Protección frente al ruido" especifica parámetros objetivos y sistemas de verificación cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de protección frente al ruido.

Figura 6. Requisitos y exigencias básicas del DB-HR [4]

9.6. Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE)

El objeto del presente documento es establecer las reglas y procedimientos que permitan cumplir con las exigencias básicas de ahorro de energía. A continuación se indican dichas exigencias.

Artículo 15. Exigencias básicas de ahorro de energía (HE)

1. El objetivo del requisito básico "Ahorro de energía" consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los *edificios*, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su *proyecto, construcción, uso y mantenimiento*.
2. Para satisfacer este objetivo, los *edificios* se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.
3. El Documento Básico "DB HE Ahorro de energía" especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía.

15.1 Exigencia básica HE 1: Limitación de la demanda energética

Los *edificios* dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la *demanda energética* necesaria para alcanzar el *bienestar térmico* en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los *puentes térmicos* para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

15.2 Exigencia básica HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas

Los *edificios* dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el *bienestar térmico* de sus ocupantes. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, y su aplicación quedará definida en el *proyecto del edificio*.

15.3 Exigencia básica HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

Los *edificios* dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus *usuarios* y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones.

15.4 Exigencia básica HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

En los *edificios*, con previsión de demanda de agua caliente sanitaria o de climatización de piscina cubierta, en los que así se establezca en este CTE, una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirá mediante la incorporación en los mismos de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura, adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda de agua caliente del edificio o de la piscina. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su localización y ámbito territorial.

15.5. Exigencia básica HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

En los *edificios* que así se establezca en este CTE se incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para uso propio o suministro a la red. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores más estrictos que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su localización y ámbito territorial.

Figura 7. Requisitos y exigencias básicas del DB-HE [5]

9.6.1. Apartado HE 1: Limitación de la Demanda Energética

Para limitar la demanda energética en todo lo posible, se realizan una serie de cálculos necesarios que se pueden ver en el anejo de instalación de climatización.

9.6.2. Apartado HE 2: Rendimiento de las Instalaciones Térmicas

Se cumplirán todas las exigencias de este apartado.

9.6.3. Apartado HE 3: Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación

Este apartado se tiene en cuenta a la hora de realizar la instalación eléctrica, lo cual se puede ver en el anejo instalación eléctrica.

9.6.4. Apartado HE 4: Contribución Solar Mínima de ACS

Se aplica como ayuda al ACS para los vestuarios y se detallará en el anejo de instalación de suministro de agua.

9.6.5. Apartado HE 5: Contribución Fotovoltaica Mínima de Energía Eléctrica

No se aplica ya que la nave es inferior a 10000 m² de construcción.

10. Estudio Básico de Seguridad y Salud

El Estudio Básico de Seguridad y Salud se realiza de manera que se cumplan las condiciones óptimas de seguridad, salud y accesibilidad durante la construcción de la edificación. Todo podrá verse detallado en el apartado del proyecto de estudios básico de seguridad y salud.

11. Resumen de la normativa de obligado cumplimiento

En este apartado se indica las diversas normativas que se cumplen en la realización del proyecto en conjunto. Estas normativas son:

- Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, del 17 de Marzo.
- Ley de Ordenación de la Edificación, Ley 38/1999.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de Abril sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo.
- Real Decreto 1.627/97 sobre Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- Ley 8/1993, de 22 de Junio, de Promoción de la Accesibilidad y Supresión de Barreras Arquitectónicas.
- Decreto de 17 de Mayo de 2012, de la Delegada del Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda, por el que se aprueba la Instrucción relativa al contenido de los Proyectos Técnicos exigibles para las actuaciones encuadradas en el procedimiento ordinario.
- Normas urbanísticas del Ayuntamiento de Béjar.
- R.D.1027/2007 de 20 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).
- R.D. 2267/2004 de 3 de Diciembre, por el que aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales (RSCIEI).
- Ordenanza de Protección contra la Contaminación Acústica y Térmica (OPCAT), con fecha de 14 de Marzo de 2011.
- Ordenanza general de Protección del Medio Ambiente Urbano (OPMAU), con fecha de 24 de Julio de 1985.
- Reglamento Electrónico para Baja Tensión (REBT) aprobado por el Real Decreto 842/2002 y publicado en el BOE del 2 / VIII / 2002 e instrucciones técnicas complementarias.
- Recopilación de normas UNE incluidas en el REBT.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de Diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Ministerio de la Vivienda. Código Técnico de la Edificación SE-C (Cimientos). Madrid 2006.
- Ministerio de Fomento. Recomendaciones Geotécnicas para las Obras Marítimas y/o Portuarias (ROM 0.5-05). Madrid 2005
- 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.
- Código Técnico de la Edificación, DB SI sobre Seguridad en Caso de Incendio.
- Código Técnico de la Edificación, DB HE sobre Ahorro de Energía.
- Código Técnico de la Edificación, DB SU sobre Seguridad de Utilización.

- Código Técnico de la Edificación, DB HR sobre Protección frente al Ruido.
- Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los establecimientos Industriales (RSCIEI), Real Decreto 2267/2004 de 3 de Diciembre.
- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre de 1997, sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de Abril de 1997, sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad en los Lugares de Trabajo.
- 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.

12. Diagrama de Gantt sobre duración de fases de obra

Se realizó un diagrama de Gantt con el objetivo de aclarar las duraciones de las distintas fases de la obra, y la simultaneidad que habrá entre los trabajos. En algunas fases, habrá puntos de su realización en los que, al estar en fases de finalización y otras fases, existirá la posibilidad de que puedan comenzar otras fases en ese período. El diagrama se ve resumido en la siguiente imagen.

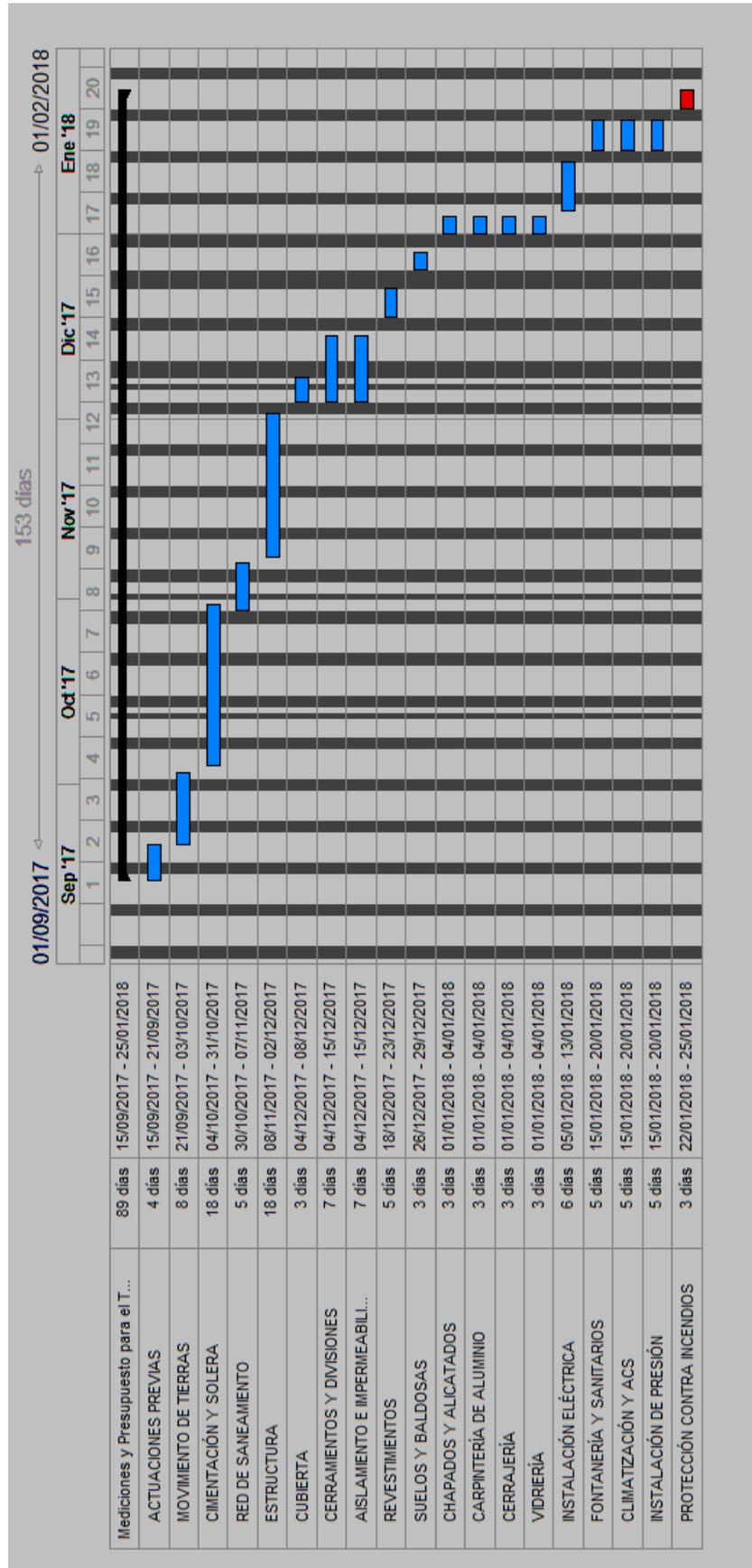


Tabla 3. Diagrama de Gantt sobre las fases de la obra.

Referencias

- [1] <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE.pdf> (20 de Agosto de 2017)
- [2] <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadUtilizacion/DBSUA.pdf> (20 de Agosto de 2017)
- [3] <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/salubridad/DBHS.pdf> (20 de Agosto de 2017)
- [4] <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/proteccionRuido/DBHR.pdf> (20 de Agosto de 2017)
- [5] <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf> (20 de Agosto de 2017)

En Béjar, a 4 de septiembre de 2017.

Fdo. D. Francisco Manuel García Ingelmo

II. ANEXOS

ANEXO: ESTUDIO GEOTÉCNICO

ÍNDICE

1. Antecedentes.....	3
2. Datos básicos	3
3. Marco Geológico	4
4. Trabajos de reconocimiento efectuados	5
4.1 Prospección.....	5
4.2 Trabajos de laboratorio	6
5. Geotecnia	7
5.1 Características Geotécnicas.....	7
5.1.1 Nivel I: Tierra Vegetal.....	7
5.1.2 Nivel II: Jabre	8
5.1.3 Nivel III: Roca granítica	8
5.2 Reconocimiento de la parcela	8
6 Conclusiones	8

1. Antecedentes

A petición de la propiedad de la parcela 98 del Polígono Industrial de Béjar (Salamanca) se ha realizado un reconocimiento Geológico-Geotécnico que sirva de apoyo al Proyecto para la construcción de un edificio industrial.

El objeto del mismo es proceder a realizar un primer análisis de la naturaleza litológica de los materiales más superficiales, de cara a determinar su grado de adecuación y clasificación para el futuro diseño del edificio industrial.

En el apartado 2 del informe se aporta una información básica de la parcela y de su localización. Además se identifica el tipo de construcción y de terreno.

En el apartado 3 se da una visión global del marco geológico de la zona, en la que se halla encuadrada el área de estudio.

En el apartado 4 se describen los trabajos llevados a cabo (campo y laboratorio) para la obtención del fin perseguido.

En el apartado 5 se describen las características geotécnicas de los materiales reconocidos.

2. Datos básicos

El edificio se trata de un edificio industrial que se sitúa en la parcela 98 perteneciente al polígono industrial de Béjar. La superficie total de la parcela es de 2760 m² y teniendo en cuenta que utilizaremos una edificabilidad de 0.764 m²/m², la superficie edificable será también de 2109 m². Se trata de una edificación adosada por lo que tendremos un retranqueo en fachada con respecto a la Calle del Buen Alcalde de 10 m y un retranqueo de lindero con respecto a la parcela 97 de 3 metros, con respecto a la parcela 99 de 3 metros y con respecto a la calle A del polígono de 3 metros.

El edificio estará doblado en una parte que irá destinada a oficinas. La primera planta tendrá una superficie de 1875 m² y la segunda planta tendrá una superficie de 234 m². Atendiendo a esta información, tenemos un edificio de tipo C1, el cual se refiere a edificios de menos de 4 plantas.

Tipo	Descripción
C-0	Construcciones de menos de 4 plantas y superficie construida menor de 300 m ² .
C-1	Otras construcciones de menos de 4 plantas.
C-2	Construcciones entre 4 y 10 plantas.
C-3	Construcciones entre 11 y 20 plantas.
C-4	Conjuntos monumentales o singulares o con más de 20 plantas.

En el cómputo de plantas se incluyen los sótanos.

Tabla 1. Tipos de construcción.

Teniendo en cuenta que hay edificaciones en terrenos alrededores al nuestro podemos decir que el terreno de nuestra parcela es de tipo T1, es decir, se trata de un terreno favorable.

Grupos	Descripción
T-1	<u>Terrenos favorables:</u> Aquellos con poca variabilidad y en los que la práctica habitual en la zona es cimentación directa mediante elementos aislados.
T-2	<u>Terrenos intermedios:</u> Aquellos en los que existe experiencia de que las circunstancias geológicas dan lugar a alguna variabilidad en el comportamiento geotécnico. En la zona no siempre se recurre a la misma solución de cimentación. Terreno con rellenos antrópicos de espesor inferior a 3,0 metros.
T-3	<u>Terrenos desfavorables:</u> Se integran en este grupo todos los terrenos que no se puedan encajar en uno de los dos anteriores, bien porque sus circunstancias geológicas no lo permitan por ser una zona compleja, bien porque no haya experiencia fiable de su comportamiento geotécnico. De forma especial se considerarán en este grupo los siguientes terrenos: a) Suelos expansivos. b) Suelos colapsables. c) Suelos blandos o sueltos. d) Terrenos cársticos en yesos o calizas. e) Terrenos variables en cuanto a composición y estado. f) Rellenos antrópicos con espesor superior a 3,0 metros. g) Terrenos en zonas susceptibles de sufrir deslizamientos. h) Rocas volcánicas en coladas delgadas o con cavidades. i) Terrenos con desnivel superior a 15°. j) Suelos residuales. k) Terrenos de marismas

Tabla 2. Tipos de terrenos.

3. Marco Geológico

De acuerdo con la bibliografía y la cartografía existentes, la localidad de Béjar se sitúa, desde el punto de vista geológico, sobre materiales de origen ígneo, pertenecientes al Sistema Central.

En términos generales, se trata de formaciones plutónicas que corresponden a un granito adamellítico de dos micras, normalmente biotítico, de grano medio a grueso, algunas veces porfídico, con feldespatos que puede llegar a medir siete centímetros de longitud, otras veces orientado con tránsitos graduales, a los gneises biotíticos.

Al microscopio la composición mineralógica varía entre la de una granodiorita y una cuarzomonzonita.

De las micas, la más abundante es la biotita; sin embargo, en ciertas zonas relacionadas por lo general con estructuras mineralizadas o tectónicas, ocurre lo contrario, ya que en ellas la biotita, además de cloritizada, suele ser bauterizada.

Los más importantes minerales accesorios son el apatito y el circón, y la tumalina cerca de los contactos y en donde son abundantes las diferenciaciones aplíticas y pegmatíticas.

Otro factor a tener en cuenta son los importantes esfuerzos tectónicos a que han estado sometidos estos materiales, los cuales se traducen por deformaciones, roturas y recristalización del cuarzo y los feldespatos, y por la sericitización y cloritización de la biotita.

En cuanto a formaciones de edad Cuaternaria, son de escasa importancia, y así quedan reducidas a pequeñas terrazas a ambos lados del cauce del río Cuerpo de Hombre, que atraviesa la ciudad dando importantes escarpes a la base de los cuales se encuentran los materiales de terraza constituidos por arenas, gravas y bolos provenientes de la disgregación y meteorización de los granitos.

4. Trabajos de reconocimiento efectuados

4.1 Prospección

La prospección de nuestra parcela se realizará mediante calicatas. Utilizaremos 3 puntos de reconocimiento ya que no es un terreno de grandes dimensiones y serán suficientes para realizar el estudio. Obtenemos las distancias máximas a partir de la siguiente tabla.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	GRUPO DE TERRENO			
	T1		T2	
	$d_{m\acute{a}x}$ (m)	P (m)	$d_{m\acute{a}x}$ (m)	P (m)
C0, C1	35	6	30	18
C2	30	12	25	25
C3	25	14	20	30
C4	20	16	17	35

Tabla 3. Distancias máximas.

Nuestro terreno es de tipo C1 y el grupo de terreno es T1 así que la distancia máxima entre calicatas es de 35 m.

Las profundidades alcanzadas, medida desde la superficie actual del terreno, y sus cotas de emplazamiento aproximadas referidas a las curvas de nivel son:

Calicata	Profundidad (m)	Cota emplazamiento
C-1	2	919.4
C-2	2.1	919.8
C-3	2.05	919.6

Tabla 4. Profundidades y cotas de emplazamiento.

Las profundidades son las máximas que se consiguieron obtener con la máquina retroexcavadora, ya que no se pudo profundizar más debido a la dureza del terreno.

Durante la realización de las calicatas se ha procedido a la toma de muestras alteradas, encaminadas a la identificación y clasificación de los materiales que componen las capas detectadas en el subsuelo.

Calicata	Profundidad aproximada (m)	Referencia
C-1	1.1	VLS-6426
C-2	1.4	VLS-6427
C-3	1.25	VLS-6428

Tabla 5. Profundidades de las muestras.

También durante la realización de las calicatas se comprobó la presencia de aguas subterráneas y no se detectó presencia de agua en ninguna de las calicatas.

4.2 Trabajos de laboratorio

Con las muestras tomadas en las calicatas y tras analizar la litología superficial, se programaron inicialmente los ensayos de laboratorio con objeto de una primera caracterización e identificación.

Cata	Prof. (m)	Ref.	Descripción del terreno	Ensayos realizados
C-1	1.1	VLS-6428	Arenas ligeramente limosas marrones no plásticas	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis Granulométrico • Límites de Atterberg • Proctor Normal
C-2	1.4	VLS-6429	Arenas limosas marrones no plásticas y con gravas graníticas angulosas y heterométricas	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis Granulométrico • Límites de Atterberg • Proctor Normal • C.B.R.
C-3	1.25	VLS-6430	Arenas ligeramente limosas marrones no plásticas	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis Granulométrico • Límites de Atterberg • Proctor Normal

Tabla 6. Ensayos de laboratorio.

5. Geotecnia

5.1 Características Geotécnicas

De acuerdo con las columnas litológicas procedentes de las calicatas, junto con la información aportada por la geología y ensayos de laboratorio, se pueden describir someramente las características geológicas-geotécnicas de las formaciones que constituyen la zona de estudio.

5.1.1 Nivel I: Tierra Vegetal

Superficialmente y en las 3 inspecciones realizadas se reconoce un primer nivel edafológico, con potencia que oscila entre 0.00 y 1.10 m.

Es tierra vegetal constituida por arenas arcillosas de grano fino-medio de color marrón parduzco. Presentan restos vegetales dispersos, gravillas de cuarzo y cantos centimétricos de naturaleza granítica, además de cristales de feldespato y micas.

5.1.2 Nivel II: Jabre

Es el siguiente nivel que encontramos en las 3 calicatas y presenta una potencia de 1.1 y 2.1 m y deja paso al substrato rocoso.

Presentan arenas ligeramente arcillosas de colores marrón grisáceo y de tamaño de grano medio. Presentan gravas y bolos de granito de tamaño centimétrico y decimétrico, muy alterados lo cual hace que sean deleznable. Se reconocen restos vegetales a techo del tramo y zonas rojizas por oxidación. En la base del nivel se observa roca granítica sana, cuya meteorización genera jabre.

5.1.3 Nivel III: Roca granítica

Por último tenemos este nivel que presenta roca granítica sana, siendo este nivel producto de su meteorización. Lo localizamos a partir de 2.1 m y a partir de este nivel no pudimos profundizar más con la máquina retroexcavadora.

5.2 Reconocimiento de la parcela

Con objeto de caracterizar los materiales más superficiales, se han realizado los ensayos definidos en apartados anteriores y cuyos resultados los veremos a continuación.

Cata (Profundidad)		C-1 (1.1m)	C-2 (1.4m)	C-3 (1.25m)
Próctor Normal	Densidad	1.89	1.95	1.92
	Humedad (%)	11.3	11.4	11.3
Granulometría Porcentaje que pasa por el tamiz UNE	0.080	9.2	9.9	9.6
	2	65	51	58
	5	93	65	79
Límites de Atterberg	Límite Líquido	No	No	No
	Límite Plástico	No	No	No
	Índice Plasticidad	NP	NP	NP
Clasificación Casagrande		SW-SM	GW-SW	SW
C.B.R.	Índice C.B.R.		20	
	Hinchamiento		0	

Tabla 7. Resultados del Reconocimiento de la Parcela.

6 Conclusiones

En resumen, podemos obtener las siguientes conclusiones:

- La zona de estudio está situada en el Sistema Central sobre materiales ígneos.

- La calicatas realizadas nos han mostrado la existencia de los siguientes niveles litológicos:
 - Nivel I: Tierra vegetal, constituidos por arenas arcillosas de color marrón parduzco. Engloban gravas graníticas y abundantes restos vegetales y raíces.
 - Nivel II: Jabre compuesto por arenas ligeramente arcillosas de colores marrón grisáceo y tamaño de grano medio. Presentan gravas y bolos de granito de tamaño centimétrico y decimétrico, muy alterados lo cual hace que sean deleznable. Se reconocen restos vegetales a techo del tramo y zonas rojizas por oxidación. En la base del nivel se observa roca granítica sana, cuya meteorización genera jabre.
 - Nivel III: Roca granítica sana siendo producto de su meteorización.
- No se ha detectado la presencia de agua subterránea en ninguna calicata.

Este informe consta de siete páginas todas numeradas correlativamente excepto la portada.

En Béjar, a 4 de septiembre de 2017.

Fdo. D. Francisco Manuel García Ingelmo

ANEXO: CÁLCULOS ANALÍTICOS ESTRUCTURALES

ÍNDICE

1. Antecedentes.....	5
2. Cálculos analíticos.....	5
2.1. Hipótesis de las correas	6
2.1.1. Determinación de las acciones	7
2.1.2. Dimensionado de las correas.....	16
2.1.2.1. Estado Límite Último (ELU)	16
2.1.2.2. Estado Límite de Servicio (ELS)	20
2.1.2.3. Clase de sección para un perfil IPE 140 (S235) solicitado a flexión ..	23
2.2. Hipótesis de los pilares	24
2.2.1. Determinación de las acciones	24
2.3. Hipótesis de los dinteles.....	30
2.3.1. Determinación de las acciones	30
2.4. Hipótesis de los pórticos	35
2.4.1. Determinación de los momentos flectores y de las cortantes	35
2.4.2. Diagramas de esfuerzos cortantes, de momentos flectores, de deformación y de tracción	44
2.4.3. Dimensionamiento	47
2.5. Hipótesis de las celosías.....	54
2.5.1. Celosía exterior	54
2.5.1.1. Determinación de los esfuerzos internos de las barras	54

2.5.1.2. Dimensionamiento	66
2.5.2. Pilares de la Celosía Exterior	69
2.5.2.1. Determinación de los esfuerzos internos.	69
2.5.2.2. Dimensionamiento	70
2.5.3. Celosía Interior.....	71
2.5.3.1. Determinación de los esfuerzos internos de las barras	71
2.5.2.2. Dimensionamiento	83
2.5.4. Pilares de la Celosía Interior	86
2.5.4.1. Determinación de los esfuerzos internos.	86
2.5.4.2. Dimensionamiento	86
2.6. Cálculo de la cimentación	88
2.6.1. Antecedentes	88
2.6.2. Cálculo de zapatas medianeras grandes para pilares HEB 360	91
2.6.2.1. Armadura inferior	91
2.6.2.1.1. Comprobaciones del CTE.....	92
2.6.2.1.2. Comprobaciones del EHE-08	93
2.6.2.2. Armadura superior	98
2.6.2.2.1. Comprobaciones del CTE.....	99
2.6.2.2.2. Comprobaciones del EHE-08	100
2.6.2.3. Longitud de anclaje de barras corrugadas.....	104
2.6.2.4. Placa de anclaje	106
2.6.2.4.1. Hipótesis con valores mínimos de C_{yp}	106
2.6.2.4.2. Hipótesis con valores máximos de C_{yp}	108
2.5.2.4.3. Longitud de anclaje de los pernos	110
2.7 Cálculo de las uniones soldadas	111

2.7.1 Unión Placa- Pilar HEB 360	111
2.7.2 Unión Pilar HEB 360- Dintel HEB 400.....	115
2.7.3 Unión Dintel HEB 400- Dintel HEB 400.....	118
Referencias	121

1. Antecedentes

Este anexo va destinado al cálculo analítico y por medio de un programa de elementos finitos, en este caso se trata del programa CYPE, de la estructura que conforma la nave industrial que está destinada para ser un concesionario. La estructura está sometida a la acción de diferentes acciones, tales como el viento o la nieve, y que están aplicadas sobre la cubierta y los paramentos verticales. Para determinar el efecto que estas acciones tienen sobre la estructura seguimos las indicaciones recogidas en el CTE DB SE, SE-A y SE-AE.

La estructura es una estructura de nudos rígidos formada por 14 pórticos a dos aguas con un modulaje entre pórticos de 5 metros. La nave tiene unas dimensiones de 70 metros de largos por 25 de ancho. Los 4 primeros pórticos y el último disponen de unos pilares hastiales separados 5 m de sus respectivos pilares laterales.

Dentro de la nave tenemos una zona doblada que va destinada a una zona de oficinas. El forjado de dicha zona es un forjado aligerado de viguetas de hormigón y bovedillas cerámicas de canto 25 centímetros y sobre él que descansa una capa de hormigón de 5 centímetros. El forjado descansa sobre 4 celosías, las cuales están colocadas sobre pilares metálicos con un modulaje de 5 metros. Las celosías constarán de 22 tramos, con el objetivo de conseguir que la carga del forjado, que la aplican las viguetas, esté aplicada sobre los nudos de éstas y conseguir así que las celosías trabajen como una estructura de nudos articulados.

En la cubierta, se coloca un cerramiento de panel sándwich con tapajuntas de 40 milímetros de espesor unido a las correas por fijación rígida. El uso de la cubierta es únicamente de mantenimiento. Si dispone de 8 correas separadas 1'81 metros. Mientras que, para el cerramiento lateral de la nave se dispone de placas alveolares de hormigón de modelo AC16 y con un ancho de 1'2 metros. La cubierta tiene una pendiente de 9'09°.

2. Cálculos analíticos

Los pasos que se siguen para calcular las acciones necesarias para estudiar la estructura son:

- Hipótesis de las correas: se obtiene la hipótesis más desfavorable que puede ir aplicada sobre las correas, la cual puede ser tener cargas a succión o a presión, y se determina el tipo de correas que se coloca sobre la cubierta.

- Hipótesis de los pilares: se calcula la hipótesis más desfavorable que ocasiona el viento en los pilares, ya que es la única acción que interviene.
- Hipótesis de los dinteles: se calcula la hipótesis más desfavorable que produce el viento y la nieve en los dinteles.
- Hipótesis de los pórticos: en este apartado se estudia un pórtico de la estructura. Las acciones que actúan sobre el pórtico son las que se han obtenido en las hipótesis anteriores de dinteles y de pilares. La hipótesis que se utiliza para analizar el pórtico y dimensionar los dinteles y los pilares es la que se considere más desfavorable ya que hay que tener en cuenta que la hipótesis escogida en el dintel tiene que ser la misma que en los pilares, es decir, si la hipótesis más desfavorable por el dintel fuese con viento por zona 1 para los pilares se cogen las cargas de su hipótesis por zona 1.
- Hipótesis de las celosías: consiste en dimensionar las celosías que soportan el peso del forjado necesario para la zona de oficinas. Se trata de un forjado aligerado de viguetas de hormigón y bovedillas cerámico de canto 25 cm más una capa de hormigón de 5 cm. El peso del forjado más la sobrecarga de uso que proporciona el CTE DB SE cuando el uso es oficina es la que se aplica sobre las celosías. Estas cargas van aplicadas como cargas puntuales y son aplicadas por las viguetas, las cuales tienen una franja de carga de 70 cm. Hay 4 celosías, de las cuales dos tienen una franja de carga de 5 metros y las otras dos tienen una franja de carga de 2'5 metros. Por lo que hay que realizar dos dimensionamientos.

2.1. Hipótesis de las correas

Los datos de partida para el cálculo de las correas son:

- Correas a dos vanos (10 metros de longitud).
- Fijación rígida al cerramiento.
- Se dimensionan con perfiles IPE y con una calidad de acero S235.
- Según CTE, el límite de flecha es $L/300$.
- Se calcula la segunda y la penúltima correa, consideradas las más desfavorables.
- La pendiente de la cubierta es $9'09^\circ$.

El panel sándwich de cerramiento es autoportante y capaz de soportar luces de hasta 5 metros. Sus características son las siguientes:

	Espesor del panel (mm)						
	30	40	50	60	70	80	100
Longitud del panel (mm)	Estándar de 1000 mm a 16000 mm						
Anchura del panel (mm)	100 mm						
Densidad del núcleo (kg/m ³)	40 kg/m ³ (± 2)						
Conductividad térmica (W/mK)	0,025						
Coefficiente de transmisión térmica (W/m ² K)	0,68	0,53	0,43	0,36	0,31	0,27	0,21
Peso (kg)	10,60 kg/m ²						
SBI Clasificación al fuego (MP PUR B2)	Bs2d0						

Tabla 1. Características del panel sándwich con tapajuntas. [1]

El panel que se dispone como cerramiento de la cubierta tendrá un espesor de 40 milímetros de espesor.

2.1.1. Determinación de las acciones

- **Peso propio del cerramiento (carga permanente):**

$$G = 10'6 \frac{kg}{m^2} = 0'106 \frac{kN}{m^2}$$

- **Peso propio supuesto de la correa (carga permanente)**, suponemos el peso de un perfil IPE-140:

$$G = 12'9 \frac{kg}{m^2} = 0'129 \frac{kN}{m^2}$$

- **Sobrecarga de uso, carga uniforme (carga variable):**

$$Q = 0'4 \frac{kN}{m^2}$$

- **Sobrecarga de uso, carga concentrada (carga variable):**

$$Q = 1 \text{ kN}$$

Los valores de sobrecarga de uso se obtienen de la tabla 3.1. “Valores característicos de las sobrecargas de uso” (CTE DB SE-AE).

- **Nieve (carga variable):** la carga de nieve se calcula a partir de las indicaciones que se encuentran en el CTE DB SE-AE. En el apartado 3.5.1, el punto 2 nos indica que el valor de la carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n , se toma de la ecuación 3.2:

$$q_n = \mu \cdot s_k \quad (1)$$

Dónde:

- μ : Coeficiente de forma de la cubierta. El valor de este coeficiente se encuentra en el apartado 3.5.3 del DB SE-AE.

- s_k : Valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal. Este valor se calcula siguiendo el Anejo E. “Datos climáticos” del DB SE-AE.

Siguiendo lo establecido en el punto 2 del apartado 3.5.3 “Coeficiente de forma” del DB SE-AE, el valor del coeficiente de forma es 1 ya que la pendiente de la cubierta es inferior a 30° , en nuestro caso la pendiente tiene un valor de $9'09^\circ$.

Para obtener el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal, se necesita conocer la altitud de la localidad donde va ubicada la estructura y las coordenadas de la localidad. La nave se realizará en el polígono industrial de la localidad de Béjar cuyas coordenadas son latitud $40^\circ23'N$ y longitud $5^\circ46'O$ y cuya altitud es de 953 metros sobre el nivel del mar.

Conocidos estos datos, lo primero que haremos será determinar la zona climática en la que está situado Béjar. Para ello, se dispone en el Anejo E de la figura E.2 “Zonas climáticas de invierno”, en la cual encontramos el territorio español dividido en 7 zonas.

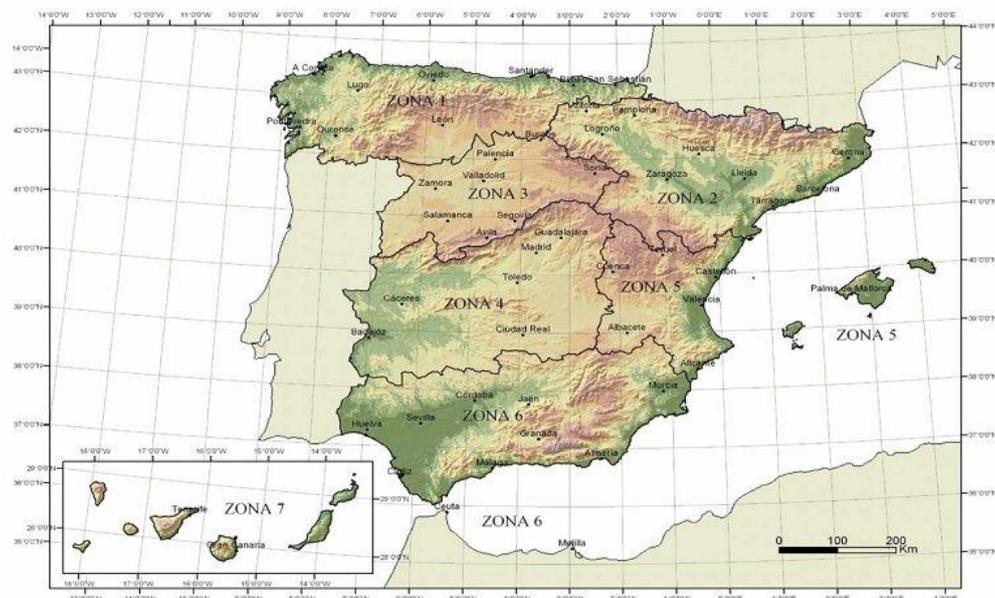


Figura 1. Figura E.2 Zonas climáticas de invierno. [2]

Se comprueban las coordenadas de Béjar en la ilustración y se ve que Béjar está situado en zona 3. Con el valor de la altitud y sabiendo la zona climática, entramos en la tabla E.2 “Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m^2)” y se obtiene el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal.

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)

Altitud (m)	Zona de clima invernal , (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Tabla 2. Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²). [2]

Como el valor de la altitud no se encuentra exactamente en la tabla se interpola linealmente y se obtiene:

$$s_k = 0'653 \frac{kN}{m^2}$$

Por lo tanto, obtenemos que:

$$q_n = 1 \cdot 0'653 = 0'653 \frac{kN}{m^2}$$

- **Viento (carga variable):** para obtener la carga de viento, se siguen las indicaciones que vienen en el CTE DB SE-AE. El apartado 3.3.2 “Acción del viento”, dice que la acción del viento o presión estática (q_e), que es una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, puede expresarse según la ecuación 3.1:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad (2)$$

Dónde:

- q_b : Presión dinámica del viento.
- c_e : coeficiente de exposición.
- c_p : coeficiente eólico o de presión.

Para obtener el valor de la presión dinámica del viento hay que mirar el anejo D “Acción del viento”, el apartado D.1 “Presión dinámica” del CTE DB SE-AE. En este apartado se encuentra un mapa del territorio español dividido en 3 zonas (A, B y C). Lo primero es encontrar a que zona pertenece Béjar. Se conocen las coordenadas, con las cuales Béjar está situado en zona A. Una vez conocida la zona, miramos el punto 4 de este apartado en el cual nos dice los valores de q_b para cada zona. Tenemos que para zona A:

$$q_b = 0'42 \frac{kN}{m^2}$$

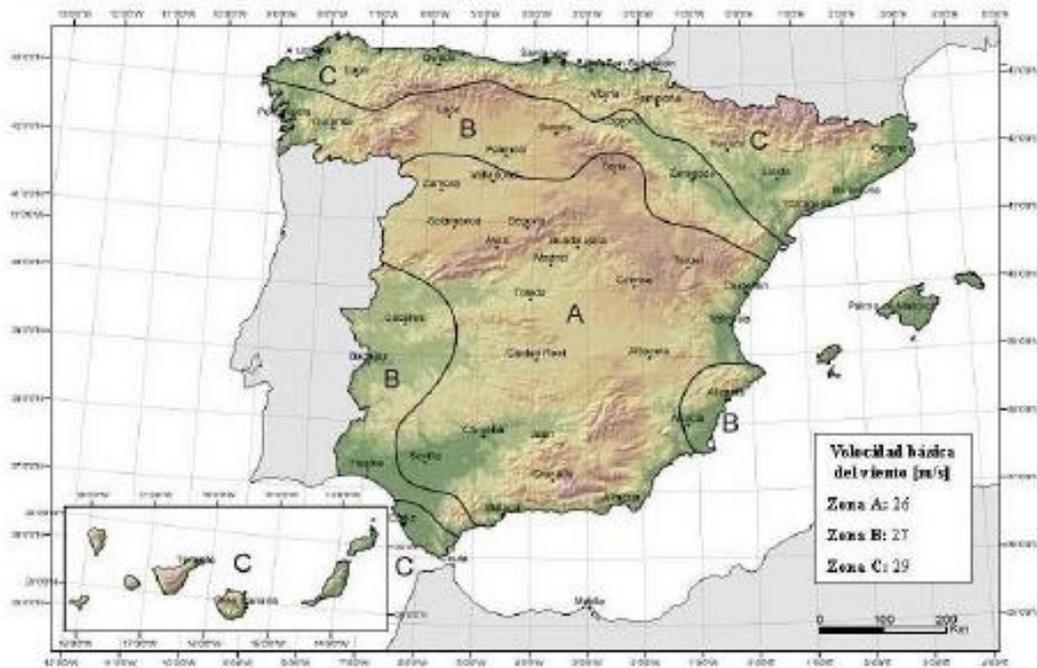


Figura 2. Figura D.1 Valor básico de la velocidad del viento. [3]

El coeficiente de exposición depende del grado de aspereza de la zona y de la altura a la que se encuentre el elemento de estudio. La información de este coeficiente la encontramos en el apartado 3.3.3 “Coeficiente de exposición”, en el cuál tenemos la tabla 3.4. “Valores del coeficiente de exposición” que indica el valor de dicho coeficiente en función de los dos parámetros mencionados antes.

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Tabla 3. Tabla 3.4 Valores del coeficiente de exposición. [4]

La nave irá situada en un polígono industrial por lo que el grado de aspereza del entorno será el grado IV destinado a zona urbana en general, industrial o forestal. Los elementos que se estudian son la segunda y la penúltima correa por lo tanto hay dos valores de alturas diferentes. La altura de la segunda correa es 9'286 m y la altura de la penúltima

correa es 10'72 m. Con estos valores entramos en la tabla 3.4. e interpolando se consiguen los valores de los coeficientes de exposición.

$$c_{e2} = 1'72 \qquad c_{e7} = 1'82$$

Por último, hay que obtener el valor del coeficiente de presión. Este coeficiente es la suma de un coeficiente de presión exterior más un coeficiente de presión interior, cambiado de signo.

$$c_p = c_{p,ext} + (-c_{p,int}) \quad (3)$$

El viento puede actuar por cualquier zona de la nave, por lo que se comprueba este en todas las direcciones y para ello se divide la nave en 4 zonas, cada una abarca un ángulo de 90°.

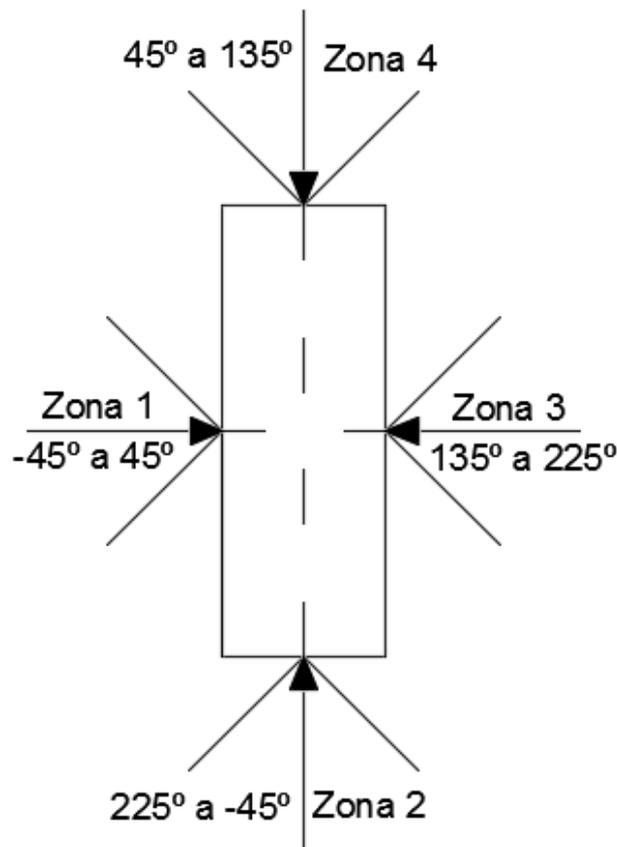


Figura 3. Zonas de acción del viento.

Primero se halla el valor del coeficiente de presión interior. Para ello seguimos las indicaciones que nos da el apartado 3.3.5 “Coeficiente eólico en naves y construcciones diáfanas” que aporta la tabla 3.6 “Coeficientes de presión interior” que proporciona el valor del coeficiente de presión interior en función de la esbeltez en el plano paralelo al viento y del cociente entre el área de huecos en zonas de succión ($A_{succión}$) y el área total de huecos

del edificio (A_{total}). Como huecos la nave posee dos puertas en la fachada principal de $3 \times 3 \text{ m}^2$ y otra puerta de $1 \times 2'03 \text{ m}^2$, mientras que en la fachada trasera hay una puerta de $0'85 \times 2'03 \text{ m}^2$.

Tabla 3.6 Coeficientes de presión interior

Esbeltez en el plano paralelo al viento	Área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio										
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
≤ 1	0.7	0.7	0.6	0.4	0.3	0.1	0.0	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5
≥ 4	0.5	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3

Tabla 4. Tabla 3.6 Coeficiente de presión interior. [5]

$$A_{succión}(zona 1) = A_{succión}(zona 3) = 0$$

$$A_{succión}(zona 4) = 0'85 \cdot 2'03 = 1'73 \text{ m}^2$$

$$A_{succión}(zona 2) = 2 \cdot 3 \cdot 3 + 1 \cdot 2'03 = 20'03 \text{ m}^2$$

$$A_{total} = 20'03 + 1'7255 = 21'7555 \text{ m}^2$$

	Esbeltez	$A_{succión}/A_{total}$	$C_{p,int}$
Zona 1	$11/25=0'44 < 1$	$0/21'7555=0$	0'7
Zona 2	$9/75=0'12 < 1$	$20'03/21'7555=0'92$	-0'42
Zona 3	$11/25=0'44 < 1$	$0/21'7555=0$	0'7
Zona 4	$9/75=0'12 < 1$	$1'73/21'7555=0'08$	0'7

Tabla 5. Coeficientes de presión interior.

Una vez que se ha obtenido el valor del coeficiente de presión interior, el siguiente paso es calcular los coeficientes de presión exterior. Este coeficiente dependerá de la zona por donde incida el viento y de la zona de la cubierta en la que se encuentre el elemento de estudio.

- **Viento por zona 1 o 3:**

- Pendiente: $9'09^\circ$
- Área de influencia de la correa: $A = 1'9 \cdot 10 = 19 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$
- $e = \min(b, 2h) = \min(75, 2 \cdot 11) = 22 \text{ m}$
- $e/4 = 22/4 = 5'5 \text{ m}$ $e/10 = 22/10 = 2'2 \text{ m}$
- $d = 25 \text{ m}$ $d/2 = 25/2 = 12'5 \text{ m}$

Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

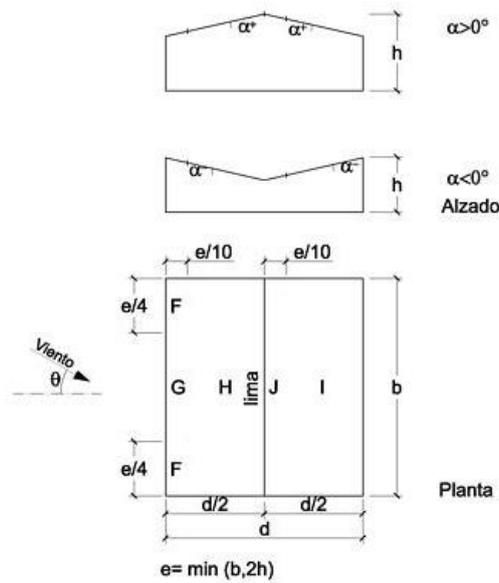


Figura 4. Acción del viento por Zona 1. [6]

Este es el caso de la distribución de la planta de la cubierta cuando el viento incide por la zona 1, mientras que si el viento incide por zona 3, los valores son los mismos que los obtenidos en la zona 1 pero la distribución en planta está invertida con respecto a la zona 1.

Pendiente	Área	F	G	H	I	J
5°	19 m ² >10	-1'7	-1'2	-0'6	-0'6	0'2
		0	0	0		-0'6
15°	19 m ² >10	-0'9	-0'8	-0'3	-0'4	-1
		0'2	0'2	0'2	0	0
9'09°	19 m ² >10	-1'37	-1'04	-0'48	-0'52	-0'29
		0'082	0'082	0'082	-0'35	-0'35

Tabla 6. Coeficiente de presión exterior por zonas 1 y 3.

• **Viento por zona 2 o 4:**

- Pendiente: 9'09°
- Área de influencia de la correa: $A= 1'9 \cdot 10= 19 \text{ m}^2 > 10$
- $e= \text{mín}(b, 2h)= \text{mín}(25, 2 \cdot 11)= 22 \text{ m}$
- $e/4= 22/4= 5'5 \text{ m}$ $e/2= 22/2= 11 \text{ m}$ $e/10= 22/10= 2'2 \text{ m}$
- $d= 75 \text{ m}$

Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$

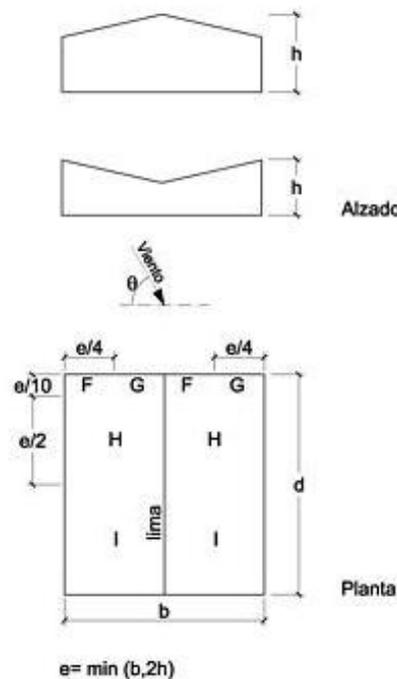


Figura 5. Acción del viento por zona 2. [6]

Este es el caso de la distribución de la planta de la cubierta cuando el viento incide por la zona 2, mientras que si el viento incide por zona 4, los valores son los mismos que los obtenidos en la zona 2 pero la distribución en planta está invertida con respecto a la zona 2.

Pendiente	Área	F	G	H	I
5°	19 m ² >10	-1'6	-1'3	-0'7	-0'6
15°	19 m ² >10	-1'3	-1'3	-0'6	-0'5
9'09°	19 m ² >10	-1'48	-1'3	-0'66	-0'56

Tabla 7. Coeficientes de presión exterior por zonas 2 y 4.

Lo siguiente es calcular las diferentes hipótesis para ver cuál de todas ellas es la más desfavorable

• **Viento por zona 1 o 3:**

- Segunda correa: cuando el viento incide por zona 1 y 3, la segunda correa está situada en las zonas F, G y H. Calculamos la media aritmética de los coeficientes F, G y H para obtener el coeficiente de presión que actúa sobre la segunda correa que está sobre las tres zonas.

$$c_{p,ext_{FGH}} = \frac{(-1'37) \cdot 1'3 \cdot 5'5 + (-1'04) \cdot 1'32 \cdot 4'5 + (-0'48) \cdot 0'49 \cdot 10}{1'81 \cdot 10} = -1'02$$

$$c_{p,ext_{FGH}} = 0'082 \text{ (coeficiente de presión)}$$

También la podemos encontrar en zonas G y H, pero el coeficiente que obtenemos es menor que para las 3 zonas por lo tanto nos quedamos con este. En el otro lado de la cubierta la segunda correa se encuentra en zona I.

- $q_{e_{FGH}} = 0'42 \cdot 1'72 \cdot [(-1'02) + (-0'7)] = -1'24 \frac{kN}{m^2}$ (huecos abiertos)
- $q_{e_I} = 0'42 \cdot 1'72 \cdot [(-0'52) + (-0'7)] = -0'88 \frac{kN}{m^2}$ (huecos abiertos)
- $q_{e_{FGH}} = 0'42 \cdot 1'72 \cdot 0'082 = 0'059 \frac{kN}{m^2}$ (huecos cerrados)
- **Séptima correa:** cuando el viento actúa por zona 1 y 3, la séptima correa está situada en zona H. En el otro lado de la cubierta, se encuentra en zonas J e I, por lo que calculamos el coeficiente medio de estas dos zonas.

$$c_{p,ext_{JI}} = \frac{(-0'52) \cdot 0'48 \cdot 10 + (-0'35) \cdot 1'33 \cdot 10}{1'81 \cdot 10} = -0'395$$

- $q_{e_H} = 0'42 \cdot 1'82 \cdot [(-0'48) + (-0'7)] = -0'9 \frac{kN}{m^2}$ (huecos abiertos)
- $q_{e_H} = 0'42 \cdot 1'82 \cdot 0'082 = 0'063 \frac{kN}{m^2}$ (huecos cerrados)
- $q_{e_{IJ}} = 0'42 \cdot 1'82 \cdot [(-0'395) + (-0'7)] = -0'84 \frac{kN}{m^2}$ (huecos abiertos)

• **Viento por zona 2:**

- **Segunda correa:** cuando el viento incide por zona 2, la segunda correa se encuentra en zonas F y H, en zonas H e I o solamente en zona I. Se calculan los coeficientes para zonas F y H y para zona H e I, para ver donde se produce la hipótesis más desfavorable.

$$c_{p,ext_{FH}} = \frac{(-1'48) \cdot 1'81 \cdot 2'2 + (-0'66) \cdot 1'81 \cdot 7'8}{1'81 \cdot 10} = -0'84$$

$$c_{p,ext_{HI}} = \frac{(-0'66) \cdot 1'81 \cdot 1 + (-0'56) \cdot 1'81 \cdot 9}{1'81 \cdot 10} = -0'57$$

En el otro lado de la cubierta, la segunda correa está sobre zonas G y H, zonas H e I o solamente en zona I. Se obtiene el coeficiente para zonas G y H, ya que el resto ya están calculados.

$$c_{p,ext_{GH}} = \frac{(-1'3) \cdot 1'81 \cdot 2'2 + (-0'66) \cdot 1'81 \cdot 7'8}{1'81 \cdot 10} = -0'8$$

- $q_{e_{FH}} = 0'42 \cdot 1'72 \cdot (-0'84) = -0'61 \frac{kN}{m^2}$ (huecos cerrados)
- $q_{e_{GH}} = 0'42 \cdot 1'72 \cdot (-0'8) = -0'58 \frac{kN}{m^2}$ (huecos cerrados)

En este caso tenemos huecos cerrados ya que el coeficiente de presión interior para zona 2 es negativo y al introducirlo nos quedaría positivo y no aportaría, ya que los coeficientes de las zonas son todos de succión.

- Séptima correa: cuando el viento actúa por zona 2, la séptima correa se sitúa sobre las mismas zonas que la segunda correa en ambos lados de la cubierta por lo que ya están calculados los coeficientes. La diferencia entre ambas correas es el valor del coeficiente de exposición.
 - $q_{e_{FH}} = 0'42 \cdot 1'82 \cdot (-0'84) = -0'64 \frac{kN}{m^2}$ (*huecos cerrados*)
 - $q_{e_{GH}} = 0'42 \cdot 1'82 \cdot (-0'8) = -0'61 \frac{kN}{m^2}$ (*huecos cerrados*)
- **Viento por zona 4:**
 - Segunda correa: cuando el viento incide por zona 4, la segunda correa se encuentra en las mismas zonas que cuando el viento incide por zona 2, con lo que ya se conocen los coeficientes. La diferencia entre que el viento actúe por zona 2 o por zona 4 es el valor del coeficiente de presión interior.
 - $q_{e_{FH}} = 0'42 \cdot 1'72 \cdot [(-0'84) + (-0'7)] = -1'11 \frac{kN}{m^2}$ (*huecos abiertos*)
 - $q_{e_{GH}} = 0'42 \cdot 1'72 \cdot [(-0'8) + (-0'7)] = -1'08 \frac{kN}{m^2}$ (*huecos abiertos*)
 - Séptima correa: cuando el viento incide por zona 4, la séptima correa se encuentra en las mismas zonas que para la segunda correa. La diferencia entre la segunda y la séptima correa es el valor del coeficiente de exposición.
 - $q_{e_{FH}} = 0'42 \cdot 1'82 \cdot [(-0'84) + (-0'7)] = -1'18 \frac{kN}{m^2}$ (*huecos abiertos*)
 - $q_{e_{GH}} = 0'42 \cdot 1'82 \cdot [(-0'8) + (-0'7)] = -1'15 \frac{kN}{m^2}$ (*huecos abiertos*)

Se observa que la hay dos hipótesis desfavorables, una para el caso de succión y otra para el caso de presión. Si se habla de la hipótesis más desfavorable en succión, se trata del caso en que el viento incida por zona 1 o 3, sobre la segunda correa en zonas F, G y H con huecos abiertos. Mientras que si se quiere la hipótesis más desfavorable en presión, se tiene que mencionar el caso en el que el viento actúa por zona 1 o 3, sobre la séptima correa en zona H con huecos cerrados.

2.1.2. Dimensionado de las correas

En el CTE DB SE, se encuentra toda la información acerca de las diferentes ecuaciones que están a disposición para realizar el dimensionado de elementos tanto en estado límite último (ELU) como en estado límite de servicio (ELS).

2.1.2.1. Estado Límite Último (ELU)

Para el dimensionado en ELU, hay que mirar el apartado 4.2.2 “Combinación de acción”. En este apartado se encuentran diferentes expresiones para diversas combinaciones de hipótesis, pero, para este caso escogeremos la expresión que aporta el

punto 1 que aporta el valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria.

4.2.2 Combinación de acciones.

1 El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una **situación persistente o transitoria**, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_G \cdot G_k$), incluido el pretensado ($\gamma_P \cdot P$);
- una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ($\gamma_Q \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ($\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$).

Los valores de los coeficientes de seguridad, γ , para la aplicación de los Documentos Básicos de este CTE, se establecen en la tabla 4.1 para cada tipo de acción, atendiendo para comprobaciones de resistencia a si su efecto es **desfavorable o favorable, considerada globalmente**.

Para comprobaciones de estabilidad, se diferenciará, aun dentro de la misma acción, la parte favorable (la estabilizadora), de la desfavorable (la desestabilizadora).

Los valores de los coeficientes de simultaneidad, ψ , para la aplicación de los Documentos Básicos de este CTE, se establecen en la tabla 4.2.

Figura 6. Apartado 4.2.2 Combinación de acciones (CTE DB SE). [7]

Los valores de viento que se utilizan en esta combinación de acciones son los de las hipótesis más desfavorables tanto a succión como a presión. El valor a succión es de -1'24 kN/m² y el valor a presión es de 0'063 kN/m².

ESTADO LÍMITE ÚLTIMO													
Acción	Tipo	Valor unitario (kN/m ²)	Franja de carga (m)	Carga (kN/m)	γ	$\psi01$		$\psi02$		$\psi03$		$\psi04$	
Peso propio del cerramiento	G	0,106	1,810	0,192	1,350	1,000	0,259	1,000	0,259	1,000	0,259	1,000	0,259
Peso propio de la correa	G	0,129	1,810	0,233	1,350	1,000	0,315	1,000	0,315	1,000	0,315	1,000	0,315
Uso	Uniforme	Q	1,810	0,724	1,500	1,000	1,086	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Concentrada (kN)	Q	-	1,000	1,500	1,000	1,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Nieve	Q	0,653	$1,81 \cdot \cos(9,09)$	1,167	1,500	0,000	0,000	0,500	0,875	1,000	1,751	0,000	0,000
Viento	Presión	Q	1,810	0,114	1,500	0,000	0,000	1,000	0,171	0,600	0,103	0,000	0,000
	Succión	Q	-1,240	1,810	-2,244	1,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	-3,367
Hipótesis (kN/m)													
G+Uso (Uniforme)							1,636						
G+Uso (Concentrada)							0,567+1,481 (kN)						
G+Viento (presión y principal)+Nieve									1,602				
G+Viento (presión)+Nieve(principal)											2,398		
G+Viento (succión)													-2,800

Tabla 8. Hipótesis de carga en estado límite último.

Los valores de las hipótesis de carga de la tabla son los valores de sus componentes verticales respecto de la pendiente, ya que al estar las correas con una ligera inclinación y al tener cargas gravitatorias tenemos que descomponer estas en función de la inclinación que tengan las correas y esta inclinación es la pendiente de las cubiertas.

Se estudian dos casos para ELU, para ver cuál de los dos es el más desfavorable en este estado. En ambos casos se encuentran cargas que son gravitatorias por lo que se tiene que estudiar el dimensionado tanto en el eje fuerte (eje y) como en el eje débil (eje z). Sin embargo, el ángulo de pendiente que tiene la cubierta es pequeño (9.09°), por lo que el valor de la carga en su componente horizontal (la cual afecta al eje z) respecto de la pendiente es muy pequeña y se desprecia.

- **G+ Viento (presión)+ Nieve (principal):** $P= 2'398 \text{ kN/m}$

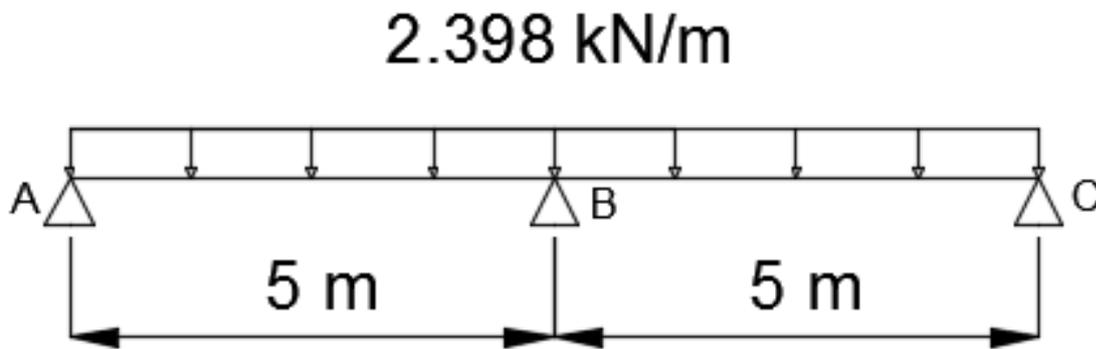


Figura 7. Correa cargada con hipótesis G+ Viento (presión)+ Nieve (principal).

Para estudiar la correa con esta hipótesis de carga, se utiliza la ecuación de los 3 momentos para obtener el momento en B (ya los momentos en A y en C son 0) y poder así obtener los valores de las reacciones. El momento de B coincide con el momento máximo de la correa. La ecuación de los 3 momentos es la siguiente:

$$5 \cdot M_A + 2 \cdot (5 + 5)M_B + 5 \cdot M_C = -6 \cdot 2 \left[\frac{\frac{2}{3} \cdot 5 \cdot \frac{2'398 \cdot 5^2 \cdot 5}{8} \cdot \frac{5}{2}}{5} \right]$$

$$M_B = M_{m\acute{a}x} = -7'49 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sum M_{B,izq} = -7'49 = R_A \cdot 5 - 2'398 \cdot 5 \cdot 2'5 \rightarrow R_A = 4'497 \text{ kN}$$

$$\sum M_{B,der} = 7'49 = -R_C \cdot 5 + 2'398 \cdot 5 \cdot 2'5 \rightarrow R_C = 4'497 \text{ kN}$$

$$\sum F_v = 0 \rightarrow R_A + R_B + R_C = 2'398 \cdot 10 \rightarrow R_B = 14'986 \text{ kN}$$

$$W_{necesario} = \frac{7'49 \cdot 10^6}{\frac{235}{1'05}} = 33'466 \cdot 10^3 \rightarrow IPE 100 (W_y = 34'2 \cdot 10^3)$$

- **G+ Viento (succión):** $P = -2'8 \text{ kN/m}$

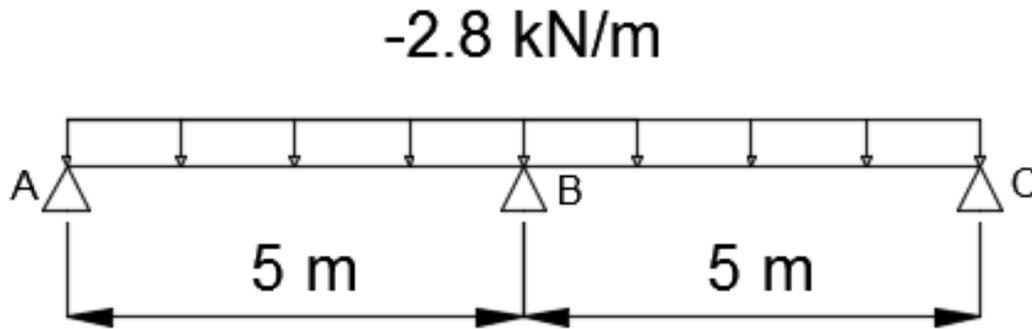


Figura 8. Correa cargada con hipótesis G+ Viento (succión).

Para estudiar la correa con esta hipótesis de carga, se utiliza la ecuación de los 3 momentos para obtener el momento en B (ya los momentos en A y en C son 0) y poder así obtener los valores de las reacciones. El momento de B coincide con el momento máximo de la correa. La ecuación de los 3 momentos es la siguiente:

$$5 \cdot M_A + 2 \cdot (5 + 5)M_B + 5 \cdot M_C = -6 \cdot 2 \left[\frac{\frac{2}{3} \cdot 5 \cdot \frac{(-2'8) \cdot 5^2 \cdot 5}{8}}{5} \right]$$

$$M_B = M_{m\acute{a}x} = 8'75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sum M_{B,izq} = 8'75 = R_A \cdot 5 - (-2'8) \cdot 5 \cdot 2'5 \rightarrow R_A = -5'25 \text{ kN}$$

$$\sum M_{B,der} = -8'75 = -R_C \cdot 5 + (-2'8) \cdot 5 \cdot 2'5 \rightarrow R_C = -5'25 \text{ kN}$$

$$\sum F_v = 0 \rightarrow R_A + R_B + R_C = (-2'8) \cdot 10 \rightarrow R_B = -17'5 \text{ kN}$$

$$W_{necesario} = \frac{8'75 \cdot 10^6}{\frac{235}{1'05}} = 39'096 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \rightarrow IPE 120 (W_y = 53 \cdot 10^3 \text{ mm}^3)$$

2.1.2.2. Estado Límite de Servicio (ELS)

Ahora pasamos a realizar el dimensionado en ELS. Para ello, hay que mirar las indicaciones que da el CTE DB SE en el apartado 4.3.2 "Combinación de acciones", dónde se escoge la expresión de la hipótesis que se va a estudiar. Para este caso, se utiliza la información aportada por el punto 2 que nos da la expresión de los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles.

4.3.2 Combinación de acciones

1 Para cada situación de dimensionado y criterio considerado, los efectos de las acciones se determinarán a partir de la correspondiente combinación de acciones e influencias simultáneas, de acuerdo con los criterios que se establecen a continuación.

2 Los efectos debidos a las **acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles**, se determinan mediante combinaciones de acciones, **del tipo denominado característica**, a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{Q_i} Q_{k,i}$$

Figura 9. Apartado 4.3.2 Combinación de acciones (CTE DB SE). [7]

ESTADO LÍMITE SERVICIO												
Acción	Tipo	Valor unitario (kN/m ²)	Franja de carga (m)	Carga (kN/m)	ψ01		ψ02		ψ03		ψ04	
Peso propio del cerramiento	G	0,106	1,810	0,192	1,000	0,192	1,000	0,192	1,000	0,192	1,000	0,192
Peso propio de la correa	G	0,129	1,810	0,233	1,000	0,233	1,000	0,233	1,000	0,233	1,000	0,233
Uso	Uniforme	Q	0,400	1,810	0,724	1,000	0,724	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Concentrada (kN)	Q	1,000	-	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Nieve	Q	0,653	1,81·cos(9,09)	1,167	0,000	0,000	0,500	0,584	1,000	1,167	0,000
Viento	Presión	Q	0,063	1,810	0,114	0,000	0,000	1,000	0,114	0,600	0,068	0,000
	Succión	Q	-1,240	1,810	-2,244	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
Hipótesis (kN/m)												
G+Uso (Uniforme)					1,132							
G+Uso (Concentrada)					0,42+0,987 kN							
G+ Viento (presión y principal)+Nieve							1,110					
G+Viento (presión)+Nieve(principal)									1,641			
G+Viento (succión)												-1,824

Tabla 9. Hipótesis de carga en estado límite servicio.

Los valores de las hipótesis de carga de la tabla son los valores de sus componentes verticales respecto de la pendiente, ya que al estar las correas con una ligera inclinación y al tener cargas gravitatorias tenemos que descomponer estas en función de la inclinación que tengan las correas y esta inclinación es la pendiente de las cubiertas.

Se estudian dos casos para ELS, para ver cuál de los dos es el más desfavorable en este estado. En ambos casos se encuentran cargas que son gravitatorias por lo que se tiene que estudiar el dimensionado tanto en el eje fuerte (eje y) como en el eje débil (eje z). Sin embargo, el ángulo de pendiente que tiene la cubierta es pequeño ($9^{\circ}09'$), por lo que el valor de la carga en su componente horizontal (la cual afecta al eje z) respecto de la pendiente es muy pequeña y se desprecia.

El apartado 4.3.3.1 "Flecha" informa de la flecha límite, la cual no hay que superara. El valor de la flecha límite es:

$$f_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{5000}{300} = 16'67 \text{ mm}$$

$$\delta = 0'0054 \frac{P \cdot L^4}{E \cdot I}$$

- **G+ Viento (presión)+ Nieve (principal):** $V_z = 1'641 \text{ kN/m} = 1'641 \text{ N/mm}$ (carga sin mayorar); $V_y = 0'252 \text{ kN/m} = 0'252 \text{ N/mm}$ (carga sin mayorar)

$$IPE 100 (I_z = 0'159 \cdot 10^6 \text{ mm}^4) \rightarrow \delta = 0'0054 \frac{0'252 \cdot 5000^4}{210000 \cdot 0'159 \cdot 10^6}$$

$$\delta_z = 25'47 \text{ mm} > 16'67 \text{ mm} \rightarrow \text{No cumple IPE 100}$$

$$IPE 120 (I_z = 0'277 \cdot 10^6 \text{ mm}^4) \rightarrow \delta = 0'0054 \frac{0'252 \cdot 5000^4}{210000 \cdot 0'277 \cdot 10^6}$$

$$\delta_z = 16'7 \text{ mm} > 16'67 \text{ mm} \rightarrow \text{No cumple IPE 120}$$

$$IPE 140 (I_z = 0'449 \cdot 10^6 \text{ mm}^4) \rightarrow \delta = 0'0054 \frac{0'252 \cdot 5000^4}{210000 \cdot 0'449 \cdot 10^6}$$

$$\delta_z = 9'02 \text{ mm} < 16'67 \text{ mm} \rightarrow \text{Cumple IPE 140}$$

$$IPE 100 (I_y = 1'71 \cdot 10^6 \text{ mm}^4) \rightarrow \delta = 0'0054 \frac{1'641 \cdot 5000^4}{210000 \cdot 1'71 \cdot 10^6}$$

$$\delta_y = 15'42 \text{ mm} < 16'67 \text{ mm} \rightarrow \text{cumple IPE 100}$$

- **G+ Viento (succión):** $V_z = -1'824 \text{ kN/m} = -1'824 \text{ N/mm}$ (carga sin mayorar)

$$IPE 120 (I_y = 3'18 \cdot 10^6 \text{ mm}^4) \rightarrow \delta_y = 0'0054 \frac{1.824 \cdot 5000^4}{210000 \cdot 3'18 \cdot 10^6}$$

$$\delta_y = 9'22 \text{ mm} < 16'67 \text{ mm} \rightarrow \text{cumple IPE 120}$$

Por lo tanto, el IPE que se coloca como correas es el IPE 140.

2.1.2.3. Clase de sección para un perfil IPE 140 (S235) solicitado a flexión

- Alma flectada:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

$$c = 140 - 2 \cdot 6'9 = 126'2 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{126'2}{4'7} = 26'85$$

Según la tabla 5.3 del DB SE – A: Clase 1: $72\varepsilon = 72$

$$72\varepsilon = 72 > \frac{c}{t} = 26'85 \rightarrow \text{El alma es clase 1}$$

- **Ala comprimida:**

$$c = \frac{73 - 4'7 - 2 \cdot 7}{2} = 27'15 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{27'15}{6'9} = 3'93$$

Según la tabla 5.4 del DB SE – A: Clase 1: $9\varepsilon = 9$

$$9\varepsilon = 9 > \frac{c}{t} = 3'93 \rightarrow \text{El ala es clase 1}$$

Por lo tanto, el perfil IPE 140 de calidad S235 solicitado a flexión es clase 1

2.2. Hipótesis de los pilares

En este apartado, se calcula las diferentes hipótesis de carga por la acción de viento sobre los pilares.

2.2.1. Determinación de las acciones

Los pilares están afectados únicamente por la acción del viento que incide de con una carga normal a estos. Los datos de partida de los pilares son:

- Según CTE, el límite de flecha es $L/300$.
- Pilares de 9 metros de altura.
- Se dimensionan con perfiles HEB y con una calidad de acero S275.
- Se calcula la carga del viento sobre pilares laterales y sobre los pilares hastiales.
- Uniones rígidas con los dinteles y empotrados a la cimentación.

Sabemos que el CTE DB SE-AE, proporciona la expresión para calcular la carga de la presión estática del viento.

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad (2)$$

El valor de q_b es el mismo que para las correas ya que este valor depende de la situación de la nave. El valor de q_b es de $0'42 \text{ kN/m}^2$. Sin embargo el valor de c_e no es el mismo que para las correas ya que este valor dependía de la altura del elemento. Se toma como altura media de los pilares 5 metros. La zona del grado de aspereza sigue siendo

zona IV, por lo que obtenemos un valor de c_e de 1'367. Ya solo queda calcular el valor de c_p que se obtiene de:

$$c_p = c_{p,ext} + (-c_{p,int}) \quad (3)$$

Los valores de $c_{p,int}$ para cada zona son los mismos que se calculan en las correas.

	Esbeltez	$A_{succión}/A_{total}$	$c_{p,int}$
Zona 1	$11/25=0'44<1$	$0/21'7555=0$	0'7
Zona 2	$9/75=0'12<1$	$20'03/21'7555=0'92$	-0'42
Zona 3	$11/25=0'44<1$	$0/21'7555=0$	0'7
Zona 4	$9/75=0'12<1$	$1'73/21'7555=0'08$	0'7

Tabla 10. Coeficientes de presión interior.

Los valores de $c_{p,ext}$ son diferentes a los obtenidos en las correas, ya que estos valores para las correas se calculan para el caso de una cubierta a dos aguas mientras que los valores para los pilares hay que seguir la instrucción que está destinada a los paramentos verticales, tabla D.3 "Paramentos verticales" del CTE DB SE-AE.

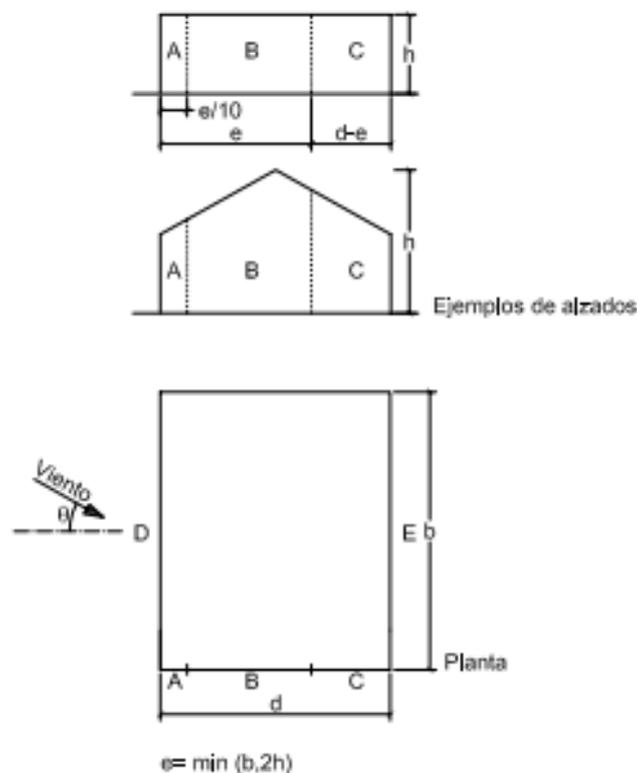


Figura 10. Paramentos verticales (CTE DB SE-AE). [8]

➤ **Pilares laterales**

- **Viento por zona 1 o 3:** cuando el viento incide por zonas 1 y 3, los pilares laterales están situados en zonas D y E. La diferencia entre zonas 1 y 3 es que la situación de las zonas D y E están invertidas. Datos:

- Área de influencia pilares de esquina: $A = 9 \cdot 2 \cdot 5 = 22 \cdot 5 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$
- Área de influencia de pilares laterales interiores: $A' = 9 \cdot 5 = 45 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$
- Esbeltez del plano paralelo a la acción del viento: $h/d = 11/25 = 0'44$
- $d = 25 \text{ m}$ $b = 75 \text{ m}$ $h = 11 \text{ m}$

Interpolando en la tabla D.3 entre 0'25 y 1 para los valores de $A \geq 10 \text{ m}^2$, obtenemos los valores de D y E:

$$C_{p,ext_D} = 0'725 \qquad C_{p,ext_E} = -0'351$$

- **Viento por zona 2 o 4:** cuando el viento incide por zonas 2 y 4, los pilares laterales están situado en zonas A, B y C. Al igual que ocurre con las zonas 1 y 3, la diferencia entre zonas 2 y 4 radica en la que la distribución de las zonas A, B y C es inversa en la zona 4 con respecto a la zona 2. Datos:

- Área de influencia pilares de esquina: $A = 9 \cdot 2 \cdot 5 = 22 \cdot 5 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$
- Área de influencia de pilares laterales interiores: $A' = 9 \cdot 5 = 45 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$
- Esbeltez del plano paralelo a la acción del viento: $h/d = 9/75 = 0'12 < 0'25$
- $d = 75 \text{ m}$ $h = 11 \text{ m}$ $b = 25 \text{ m}$
- $e = \text{mín}(b, 2h) = \text{mín}(25, 2 \cdot 11) = 22 \text{ m}$
- Zona A: $e/10 = 2'2 \text{ m}$ Zona B: $9 \cdot e/10 = 19'8 \text{ m}$ Zona C: $d - e = 53 \text{ m}$

En este caso no hace falta ni interpolar, directamente se obtienen los valores para las zonas A, B y C de la tabla ya que se sabe que $A > 10 \text{ m}^2$ y que $h/d < 0'25$.

$$C_{p,ext_A} = -1'2 \qquad C_{p,ext_B} = -0'8 \qquad C_{p,ext_C} = -0'5$$

➤ **Pilares hastiales**

- **Viento por zonas 1 o 3:** cuando el viento actúa por zonas 1 o 3, los pilares hastiales están ubicados en las zonas A, B y C. Datos:

- Área de influencia: $A = 10 \cdot 9 = 90 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$
- Esbeltez del plano paralelo a la acción del viento: $h/d = 11/25 = 0'44$
- $d = 25 \text{ m}$ $b = 75 \text{ m}$ $h = 11 \text{ m}$
- $e = \text{mín}(b, 2h) = \text{mín}(75, 2 \cdot 11) = 22 \text{ m}$
- Zona A: $e/10 = 2'2 \text{ m}$ Zona B: $9 \cdot e/10 = 19'8 \text{ m}$ Zona C: $d - e = 3 \text{ m}$

Interpolamos en la tabla D.3 entre los valores de esbeltez de 0'25 y 1 cuando $A > 10 \text{ m}^2$.

$$C_{p,ext_A} = -1'2 \qquad C_{p,ext_B} = -0'8 \qquad C_{p,ext_C} = -0'5$$

- **Viento por zonas 2 o 4:** cuando el viento incide por zonas 2 o 4, los pilares hastiales se encuentran en las zonas D y E. Datos:
 - Área de influencia: $A = 10 \cdot 9 = 90 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$
 - Esbeltez del plano paralelo a la acción del viento: $h/d = 9/75 = 0'12 < 0'25$
 - $d = 75 \text{ m}$ $b = 25 \text{ m}$ $h = 11 \text{ m}$

No tenemos que interpolar. Obtenemos los valores de estos coeficientes directamente de la tabla D.3.

$$C_{p,ext_D} = 0'7 \qquad C_{p,ext_E} = -0'3$$

Ahora, se obtienen las diferentes hipótesis tanto para pilares hastiales como para pilares laterales y con huecos abiertos o con huecos cerrados.

➤ Huecos abiertos

• Zonas 1 y 3:

- $q_{e_E} = 0'42 \cdot 1'367 \cdot [(-0'351) + (-0'7)] = -0'60 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (laterales)
- $q_{e_D} = 0'42 \cdot 1'367 \cdot [0'725 + (-0'7)] = 0'014 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (laterales)
- $q_{e_B} = 0'42 \cdot 1'367 \cdot [(-0'8) + (-0'7)] = -0'86 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (hastiales)

• Zona 2:

$$C_{p,ext_{AB}} = \frac{(-1'2) \cdot 2'2 \cdot 9 + (-0'8) \cdot 0'3 \cdot 9}{2'5 \cdot 9} = -1'152$$

- $q_{e_{AB}} = 0'42 \cdot 1'367 \cdot [(-1'152) + 0'42] = -0'42 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (l. esquina)
- $q_{e_B} = 0'42 \cdot 1'367 \cdot [(-0'8) + 0'42] = -0'22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (l. interiores)
- $q_{e_D} = 0'42 \cdot 1'367 \cdot [0'7 + 0'42] = 0'64 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (hastiales)
- $q_{e_E} = 0'42 \cdot 1'367 \cdot [(-0'3) + 0'42] = 0'069 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (hastiales)

• Zona 4:

- $q_{e_{AB}} = 0'42 \cdot 1'367 \cdot [(-1'152) + (-0'7)] = -1'06 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (l. esquina)
- $q_{e_B} = 0'42 \cdot 1'367 \cdot [(-0'8) + (-0'7)] = -0'86 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (l. interiores)
- $q_{e_E} = 0'42 \cdot 1'367 \cdot [(-0'3) + (-0'7)] = -0'57 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (hastiales)

➤ Huecos cerrados

• Zona 1 y 3:

- $q_{e_D} = 0'42 \cdot 1'367 \cdot 0'725 = 0'42 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (laterales)
- $q_{e_E} = 0'42 \cdot 1'367 \cdot (-0'351) = -0'20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (laterales)
- $q_{e_B} = 0'42 \cdot 1'367 \cdot (-0'8) = -0'46 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (hastiales)

- **Zona 2 y 4:**

- $q_{e_{AB}} = 0'42 \cdot 1'367 \cdot (-1'152) = -0'66 \frac{kN}{m^2}$ (*l. esquina*)

- $q_{e_B} = 0'42 \cdot 1'367 \cdot (-0'8) = -0'46 \frac{kN}{m^2}$ (*l. interiores*)

- $q_{e_D} = 0'42 \cdot 1'367 \cdot 0'7 = 0'40 \frac{kN}{m^2}$ (*hastiales*)

- $q_{e_E} = 0'42 \cdot 1'367 \cdot (-0'3) = -0'17 \frac{kN}{m^2}$ (*hastiales*)

Tipo de pilar	Zona	Huecos Abiertos					Huecos Cerrados				
		Carga de la zona (kN/m ²)	Ancho de banda	Carga (kN/m)	γ	Carga Mayorada (kN/m)	Carga de la zona (kN/m ²)	Ancho de banda	Carga (kN/m)	γ	Carga Mayorada (kN/m)
Lateral	1 o 3 (D)	0,014	5,000	0,070	1,500	0,105	0,420	5,000	2,100	1,500	3,150
Lateral de esquina	1 o 3 (D)	0,014	2,500	0,035	1,500	0,053	0,420	2,500	1,050	1,500	1,575
Lateral	1 o 3 (E)	-0,600	5,000	-3,000	1,500	-4,500	-0,200	5,000	-1,000	1,500	-1,500
Lateral de esquina	1 o 3 (E)	-0,600	2,500	-1,500	1,500	-2,250	-0,200	2,500	-0,500	1,500	-0,750
Hastial	1 o 3 (B)	-0,860	10,000	-8,600	1,500	-12,900	-0,460	10,000	-4,600	1,500	-6,900
Hastial de esquina	1 o 3 (B)	-0,860	2,500	-2,150	1,500	-3,225	-0,460	2,500	-1,150	1,500	-1,725
Lateral	2 (AB)	-0,420	5,000	-2,100	1,500	-3,150	-0,660	5,000	-3,300	1,500	-4,950
Lateral de esquina	2 (AB)	-0,420	2,500	-1,050	1,500	-1,575	-0,660	2,500	-1,650	1,500	-2,475
Hastial	2 (D)	0,640	10,000	6,400	1,500	9,600	0,400	10,000	4,000	1,500	6,000
Hastial de esquina	2 (D)	0,640	2,500	1,600	1,500	2,400	0,400	2,500	1,000	1,500	1,500
Hastial	2 (E)	0,069	10,000	0,690	1,500	1,035	-0,170	10,000	-1,700	1,500	-2,550
Hastial de esquina	2 (E)	0,069	2,500	0,173	1,500	0,259	-0,170	2,500	-0,425	1,500	-0,638
Lateral	4 (AB)	-1,060	5,000	-5,300	1,500	-7,950	-0,660	5,000	-3,300	1,500	-4,950
Lateral de esquina	4 (AB)	-1,060	2,500	-2,650	1,500	-3,975	-0,660	2,500	-1,650	1,500	-2,475
Hastial	4 (D)	0,000	10,000	0,000	1,500	0,000	0,400	10,000	4,000	1,500	6,000
Hastial de esquina	4 (D)	0,000	2,500	0,000	1,500	0,000	0,400	2,500	1,000	1,500	1,500
Hastial	4 (E)	-0,570	10,000	-5,700	1,500	-8,550	-0,170	10,000	-1,700	1,500	-2,550
Hastial de esquina	4 (E)	-0,570	2,500	-1,425	1,500	-2,138	-0,170	2,500	-0,425	1,500	-0,638

Tabla 11. Hipótesis de carga de los pilares.

2.3. Hipótesis de los dinteles

En este apartado, se calcula las diferentes hipótesis de carga por las distintas acciones que actúan sobre los dinteles.

2.3.1. Determinación de las acciones

En este caso, las acciones que actúan sobre los dinteles son las acciones de viento, nieve, peso propio del cerramiento, el peso propio del dintel (el cual supondremos un peso de un perfil HEB 400) y las cargas de las reacciones de las correas para la hipótesis de G+ Viento (succión), ya que es la hipótesis que aporta la reacción en las correas de mayor valor

- **Peso propio del cerramiento (carga permanente):**

$$G = 10'6 \frac{kg}{m^2} = 0'106 \frac{kN}{m^2}$$

- **Peso propio del dintel (para un HEB 400):**

$$G = 155 \frac{kg}{m^2} = 1'55 \frac{kN}{m^2}$$

- **Carga de las correas:** la reacción de mayor valor es la R_b en la hipótesis de G+ Viento (succión) que tiene un valor de -17.5 kN. Por lo tanto, como hay 8 correas sobre cada dintel, las correas aplican al dintel 8 cargas puntuales de valor -17.5 kN separadas 1,81 m. Estas cargas puntuales se pasan como si fueran una carga distribuida de la siguiente forma:

$$G = \frac{-17'5 \text{ kN} \cdot 8 \text{ correas}}{12'66 \text{ m}} = -11'06 \frac{kN}{m}$$

- **Sobrecarga de uso, carga uniforme (carga variable):**

$$Q = 0'4 \frac{kN}{m^2}$$

- **Sobrecarga de uso, carga concentrada (carga variable):**

$$Q = 1 \text{ kN}$$

- **Nieve**

El valor de la carga de nieve es el mismo que se ha obtenido para el cálculo de las correas.

$$q_n = 1 \cdot 0'653 = 0'653 \frac{kN}{m^2}$$

- **Viento**

Los datos de partida en los dinteles son:

- Se dimensionan con perfiles HEB y con una calidad de acero S275.

- Según CTE, el límite de flecha es $L/300$.
- Se calculan los dinteles interiores ya que su franja de carga es mayor que en los dinteles extremos.
- La pendiente de la cubierta es $9'09^\circ$.

El CTE DB SE-AE nos proporciona la expresión para calcular la carga de la presión estática de viento.

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad (2)$$

El valor de q_b es el mismo que se usa para las hipótesis de los pilares y de las correas y tiene un valor de $0'42 \text{ kN/m}^2$. El valor de c_e depende de la altura del elemento de estudio. Para los dinteles, se toma una altura media de 10 metros. La zona del grado de aspereza sigue siendo zona IV y el valor de c_e es $1'77$. Por último, nos queda obtener el valor de c_p :

$$c_p = c_{p,ext} + (-c_{p,int}) \quad (3)$$

Los valores de $c_{p,int}$ son los mismos que tienen las correas.

	Esbeltez	$A_{\text{succión}}/A_{\text{total}}$	$c_{p,int}$
Zona 1	$11/25=0'44 < 1$	$0/21'7555=0$	0'7
Zona 2	$9/75=0'12 < 1$	$20'03/21'7555=0'92$	-0'42
Zona 3	$11/25=0'44 < 1$	$0/21'7555=0$	0'7
Zona 4	$9/75=0'12 < 1$	$1'73/21'7555=0'08$	0'7

Tabla 12. Coeficientes de presión interior.

Los valores para el $c_{p,ext}$ se obtienen de la misma manera que para las correas. Es decir, la distribución de la cubierta es la distribución en cubierta a dos aguas que nos indica en el Anejo D del CTE DB SE-AE.

➤ **Viento por zonas 1 o 3:**

- Pendiente de la cubierta: $9'09^\circ$
- $b= 75 \text{ m}$ $h= 11 \text{ m}$ $d= 25 \text{ m}$
- $e= \text{mín}(b,2h)= \text{mín}(75,2 \cdot 11)= 22 \text{ m}$
- $e/4= 5'5 \text{ m}$ $e/10= 2'2 \text{ m}$ $d/2= 12'5 \text{ m}$
- Área de influencia: $A= 5 \cdot 12'659=63'3 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$

Pendiente	Área	F	G	H	I	J
5°	63'3 m ² >10	-1'7	-1'2	-0'6	-0'6	0'2
		0	0	0		-0'6
15°	63'3 m ² >10	-0'9	-0'8	-0'3	-0'4	-1
		0'2	0'2	0'2	0	0
9'09°	63'3 m ² >10	-1'37	-1'04	-0'48	-0'52	-0'29
		0'082	0'082	0'082	-0'35	-0'35

Tabla 13. Coeficiente de presión exterior por zonas 1 y 3.

- **Viento por zonas 2 o 4:**

- Pendiente de la cubierta: 9'09°
- b= 25 m h= 11 m d= 75 m
- e= mín (b,2h)= mín (25,2·11)= 22 m
- e/4= 5'5 m e/10= 2'2 m e/2= 11 m
- Área de influencia: A= 5·12'659= 63'3 m²> 10 m²

Pendiente	Área	F	G	H	I
5°	63'3 m ² >10	-1'6	-1'3	-0'7	-0'6
15°	63'3 m ² >10	-1'3	-1'3	-0'6	-0'5
9'09°	63'3 m ² >10	-1'48	-1'3	-0'66	-0'56

Tabla 14. Coeficientes de presión exterior por zonas 2 y 4.

- **Viento por zona 1 o 3:**

$$c_{p,ext_{FGH}} = \frac{(-1'37) \cdot 3 \cdot 2'2 + (-1'04) \cdot 2 \cdot 2'2 + (-0'48) \cdot 5 \cdot 10'46}{5 \cdot 12'66} = -0'61$$

$$c_{p,ext_{IJ}} = \frac{(-0'52) \cdot 5 \cdot 10'46 + (-0'35) \cdot 5 \cdot 2'2}{5 \cdot 12'66} = -0'49$$

- $q_{e_{FGH}} = 0'42 \cdot 1'77 \cdot [(-0'61) + (-0'7)] = -0'97 \frac{kN}{m^2}$ (huecos abiertos)
- $q_{e_{FGH}} = 0'42 \cdot 1'77 \cdot 0'082 = 0'061 \frac{kN}{m^2}$ (huecos cerrados)
- $q_{e_{IJ}} = 0'42 \cdot 1'77 \cdot [(-0'49) + (-0'7)] = -0'88 \frac{kN}{m^2}$ (huecos abiertos)
- $q_{e_{IJ}} = 0'42 \cdot 1'77 \cdot (-0'49) = -0'36 \frac{kN}{m^2}$ (huecos cerrados)

- **Viento por zona 2:**

$$c_{p,ext_{HI}} = \frac{(-0'66) \cdot 3'5 \cdot 12'66 + (-0'56) \cdot 1'5 \cdot 12'66}{5 \cdot 12'66} = -0'63$$

- $q_{e_{HI}} = 0'42 \cdot 1'77 \cdot (-0'63) = -0'47 \frac{kN}{m^2}$ (huecos cerrados)
- $q_{e_H} = 0'42 \cdot 1'77 \cdot (-0'66) = -0'49 \frac{kN}{m^2}$ (huecos cerrados)

- **Viento por zona 4:**

- $q_{e_{HI}} = 0'42 \cdot 1'77 \cdot [(-0'63) + (-0'7)] = -0'99 \frac{kN}{m^2}$ (*huecos abiertos*)
- $q_{e_H} = 0'42 \cdot 1'77 \cdot [(-0'66) + (-0'7)] = -1'01 \frac{kN}{m^2}$ (*huecos abiertos*)

En los dinteles, la hipótesis de viento a succión más desfavorable se ocasiona cuando el viento incide por zona 4 con huecos abiertos y el dintel esté en zona H. El valor de esta hipótesis sobre el dintel es de -1.01 kN/m².

Mientras que la única hipótesis de viento a presión se produce cuando el viento incide por zonas 1 o 3 con huecos cerrados y el dintel esté en zona F, G y H. Esta carga tiene un valor de 0.061 kN/m². Sin embargo esa sería la carga que va aplicada en un dintel del pórtico pero sobre el otro dintel de ese pórtico va aplicada la carga correspondiente a las zonas IJ, la cual tiene un valor de -0.36 kN/m² ya que la hipótesis se da cuando viento actúa por zonas 1 y 3 con huecos cerrados.

Acción		Tipo	Valor unitario (kN/m ²)	Franja de carga (m)	Carga (kN/m)	γ	$\psi01$	$\psi02$	$\psi03$	$\psi04$				
Peso propio del cerramiento		G	0,106	5,000	0,530	1,350	1,000	0,716	1,000	0,716	1,000	0,716	1,000	0,716
Peso propio del dintel		G	1,550	5,000	7,750	1,350	1,000	10,463	1,000	10,463	1,000	10,463	1,000	10,463
Carga de la correa sobre el dintel (kN/m)		G	-11,060	-	-11,060	1,350	1,000	-14,931	1,000	-14,931	1,000	-14,931	1,000	-14,931
Uso	Uniforme	Q	0,400	5,000	2,000	1,500	1,000	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Concentrada (kN)	Q	1,000	-	1,000	1,500	1,000	1,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Nieve		Q	0,653	5,000	3,265	1,500	0,000	0,000	0,500	2,449	1,000	4,898	0,000	0,000
Viento	Presión [F,G y H]	Q	0,061	5,000	0,305	1,500	0,000	0,000	1,000	0,458	0,600	0,275	0,000	0,000
	Succión [I y J]	Q	-0,360	5,000	-1,800	1,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	-2,700
	Succión [H]	Q	-1,010	5,000	-5,050	1,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	-7,575
Hipótesis (kN/m)														
G+Uso (Uniforme)								-0,753						
G+Uso (Concentrada)								(-3,752)+1,5 (kN)						
G+ Viento [F, G y H] (presión y principal)+Nieve										-0,830				
G+Viento [F, G y H] (presión)+Nieve(principal)											1,422			
G+Viento [I y J] (succión)														-6,487
G+Viento [H] (succión)														-11,424

Tabla 15. Hipótesis de carga de los dinteles.

Las cargas que se muestran en la tabla como hipótesis de carga no son cargas perpendiculares a los dinteles, es decir, son cargas verticales.

De las hipótesis obtenidas para los dinteles, se escoge como hipótesis de estudio para los pórticos la hipótesis de viento por zona 4 con huecos abiertos. Cuando el viento incide por esta zona se obtiene la carga más desfavorable sobre los dinteles (carga de la hipótesis G+ Viento (succión), -11'424 kN/m, pero, también aporta la carga más desfavorable que actúa sobre los pilares laterales, -7'95 kN/m.

En la tabla hay que modificar el valor de la carga de la correa sobre el dintel ya que esta carga es para la hipótesis cuando el viento actúa por zonas 1 o 3 con huecos abiertos y habría que introducir la carga de las correas para la hipótesis de viento por zona 4 con huecos abiertos que se utiliza para los dinteles y los pilares. Sin embargo, no es necesario modificar este valor ya que el valor de la hipótesis en zona 4 con huecos abiertos es un valor similar, un poco inferior, a la hipótesis considerada y además como el valor de la hipótesis considerada es el más desfavorable que pueden aportar las correas, se está del lado de la seguridad a la hora del dimensionamiento.

2.4. Hipótesis de los pórticos

El objetivo en este apartado es dimensionar un pórtico interior de la nave sobre el cual está aplicada la hipótesis de carga más desfavorable obtenida para dinteles y pilares (viento por zona 4 con huecos abiertos).

2.4.1. Determinación de los momentos flectores y de las cortantes

Los datos de partida que se conocen para analizar el pórtico son:

- Franja de carga de los pórticos: 5 metros.
- Se considera que los pilares son perfiles HEB 360
- Se considera que los dinteles son perfiles HEB 400
- Carga sobre los dinteles: -11'424 kN/m
- Carga sobre los pilares: -7'95 kN/m

Como se conoce el tamaño de los perfiles de los pilares y de los dinteles, lo primeros que se obtiene es la relación de inercia entre estos.

$$HEB\ 360 \rightarrow I_y = 432 \cdot 10^6 \rightarrow 1$$

$$HEB\ 400 \rightarrow I_y = 577 \cdot 10^6 \rightarrow x$$

$$x = \frac{577 \cdot 10^6}{432 \cdot 10^6} = 1'34$$

La representación del pórtico con las cargas, con sus dimensiones y con la relación de inercia queda de la siguiente forma:

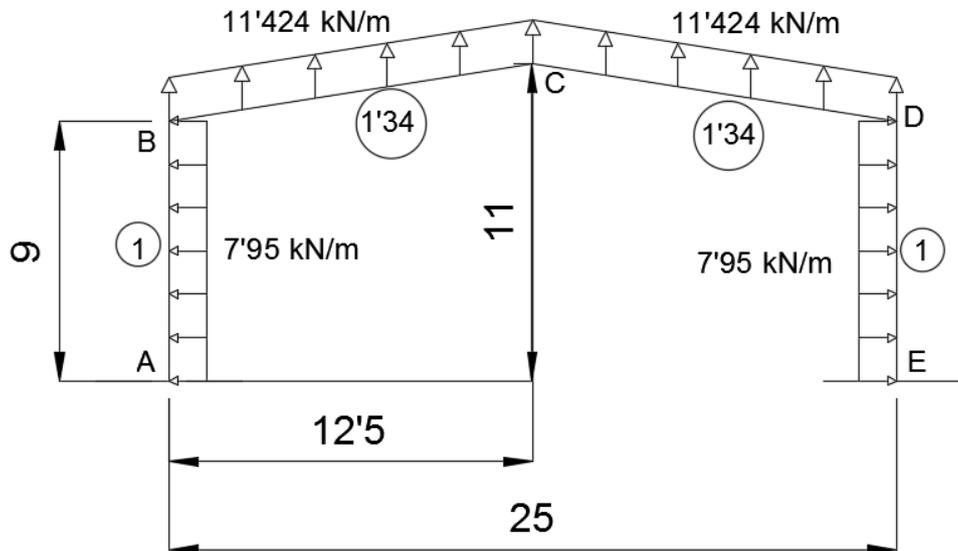


Figura 11. Pórtico tipo cargado.

El siguiente paso es calcular los valores de los coeficientes de rigidez y de los coeficientes de reparto. Los coeficientes de rigidez se obtienen de dividir la relación de inercia de la barra entre la longitud de ésta. Los coeficientes de reparto son los cocientes que se calculan al dividir el coeficiente de rigidez de una barra entre la suma de los coeficientes de rigidez de las barras que concurren en los nudos. Los coeficientes de reparto son necesarios para realizar luego la tabla de momentos de Cross.

- **Coefficientes de rigidez**

$$K_{BA} = \frac{1}{9} = K_{DE} \quad K_{BC} = \frac{1'34}{12'66} = K_{DC} \quad K_{CB} = \frac{1'34}{12'66} = K_{CD}$$

- **Coefficientes de reparto**

$$\rho_{BA} = \frac{\frac{1}{9}}{\frac{1}{9} + \frac{1'34}{12'66}} = 0'512 = \rho_{DE}$$

$$\rho_{BC} = \frac{\frac{1'34}{12'66}}{\frac{1}{9} + \frac{1'34}{12'66}} = 0'488 = \rho_{DC}$$

$$\rho_{CB} = \frac{\frac{1'34}{12'66}}{\frac{1'34}{12'66} + \frac{1'34}{12'66}} = 0'5 = \rho_{CD}$$

Antes de poder realizar la tabla de momento de Cross, queda por hallar los valores de los momentos de empotramiento perfecto. Los momentos que obtenemos son momentos de Cross, es decir, que no son momentos resistentes.

- Pilar AB

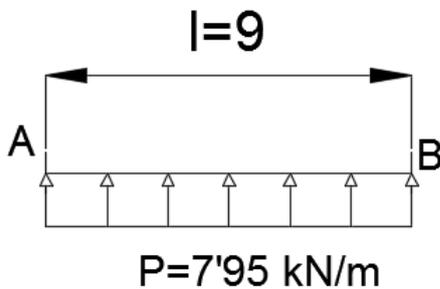


Figura 12. Pilar AB.

$$M_{BA} = -M_{AB} = \frac{P \cdot l^2}{12} = \frac{7'95 \cdot 9^2}{12}$$

$$M_{BA} = -M_{AB} = 53'66 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Dintel BC

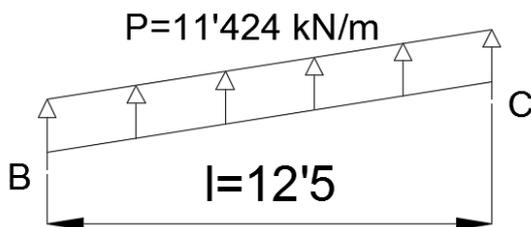


Figura 13. Dintel BC.

$$M_{CB} = -M_{BC} = \frac{P \cdot l^2}{12} = \frac{11'424 \cdot 12'5^2}{12}$$

$$M_{CB} = -M_{BC} = 148'75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Dintel CD

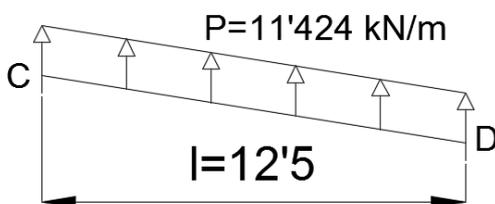
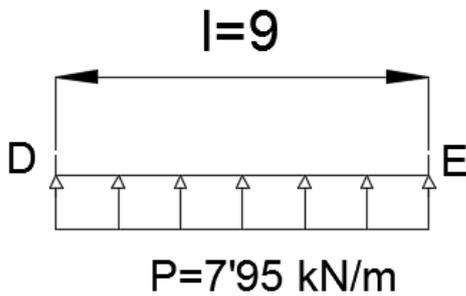


Figura 14. Dintel CD.

$$M_{DC} = -M_{CD} = \frac{P \cdot l^2}{12} = \frac{11'424 \cdot 12'5^2}{12}$$

$$M_{DC} = -M_{CD} = 148'75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Pilar DE



$$M_{ED} = -M_{DE} = \frac{P \cdot l^2}{12} = \frac{7'95 \cdot 9^2}{12}$$

$$M_{ED} = -M_{DE} = 53'66 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Figura 15. Pilar DE.

Una vez que se conocen los momentos de empotramiento perfecto y los coeficientes de reparto, se procede a la realización de la tabla de momento de Cross.

• **Tabla de Momentos de Cross**

	B		C		D			
	A	BA	BC	CB	CD	DC	DE	E
ρ	0,000	0,512	0,488	0,500	0,500	0,488	0,512	0,000
Mo	-53,660	53,660	-148,750	148,750	-148,750	148,750	-53,660	53,660
1R		48,686	46,404			-46,404	-48,686	
1T	24,343			23,202	-23,202			-24,343
2R								
M (kN·m)	-29,317	102,346	-102,346	171,952	-171,952	102,346	-102,346	29,317

Tabla 16. Tabla de momentos de Cross.

Ahora se comprueba si el pórtico tiene momentos de 2º orden los cuales generan los desplazamientos en el pórtico. Para comprobarlo se calcula el sumatorio de fuerzas horizontales de todo el pórtico. Si el resultado de este sumatorio es igual a 0 significa que no hay desplazamientos y por lo tanto no hay momentos de segundo orden. Sin embargo, si este sumatorio es distinto de 0 significa que si hay desplazamientos lo que supone momentos de segundo orden.

A simple vista podemos decir que si habrá desplazamientos y momentos de segundo orden ya que se trata de un caso de pórtico simétrico en forma y carga con dinteles inclinados. En este caso es suficiente con analizar la mitad del pórtico, ya que los desplazamientos que se producen en el nudo B son los mismos, tanto verticalmente como horizontalmente, a los que se producen en el nudo D.

Para obtener los esfuerzos cortantes se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_{ij} = Q_o + \left(-\frac{M_{ij} + M_{ji}}{L_{ij}} \right) \quad (4)$$

Donde, Q_o es el valor del esfuerzo cortante isostático que se obtiene de analizar el elemento con su carga como un elemento isostático.

- **Esfuerzos cortantes**

- Pilar AB

$$Q_o = \frac{7'95 \cdot 9}{2} = \overrightarrow{35'78} \text{ kN}$$

$$Q_{BA} = Q_o + \left(-\frac{M_{BA} + M_A}{L_{AB}} \right) = \overrightarrow{35'78} + \left(-\frac{102'346 + (-29'317)}{9} \right) = \overrightarrow{43'89} \text{ kN}$$

- Dintel BC

La inclinación del dintel proporciona una horizontal en B que se determina con el esfuerzo vertical de C.

$$Q_o = \frac{11'424 \cdot 12'5}{2} = 71'4 \text{ kN} \downarrow$$

$$Q_{CB} = Q_o + \left(-\frac{M_{CB} + M_{BC}}{L_{CB}} \right) = 71'4 [\downarrow] + \left(-\frac{171'952 + (-102'346)}{12'5} \right) [\downarrow] = 76'97 \text{ kN} \downarrow$$

Esta sería el esfuerzo que produce en el nudo C el dintel BC, por lo tanto el esfuerzo total en C será la suma de este esfuerzo más el que produce las cargas del otro dintel (Q_{CD}). Como son simétricos y están cargados de forma simétrica, el valor de Q_{CD} es el mismo que el valor de Q_{CB} por lo que el valor total del esfuerzo vertical en C es $153'94 \text{ kN} [\downarrow]$.

Ahora se anula el nudo C, en el cual hay el esfuerzo vertical en C y los dos dinteles. El esfuerzo que recibe cada dintel es el mismo y de valor "T", por lo que al analizar el nudo se obtiene que:

$$\sum F_V = 0 \rightarrow 153'94 + 2T \cdot \text{sen } 9'09 = 0 \rightarrow T = \frac{(-153'94)}{2 \cdot \text{sen } 9'09} = -487'19 \text{ kN} \checkmark$$

El esfuerzo en T es un esfuerzo de compresión y va en dirección del dintel. Por lo que si se quiere obtener el esfuerzo horizontal en el nudo B hay que descomponer el esfuerzo y obtener su valor horizontal.

$$B_H = 487'19 \cdot \cos 9'09 = \overleftarrow{481'08} \text{ kN}$$

Ahora realizamos el sumatorio de esfuerzos horizontales de la mitad del pórtico y vemos si hay desplazamientos o no.

$$\sum Q_H = Q_{BA} + B_H = \overrightarrow{43'89} + \overleftarrow{481'08} = \overleftarrow{437'19} \text{ kN}$$

Hay desplazamiento horizontal del nudo B y va hacia la derecha. La conclusión que se saca es que hay momentos de 2º orden, los cuales hay que hallar. Para ello se utiliza la condición de contorno de una estructura de nudos rígidos y de la siguiente ecuación:

$$M = \frac{6EI\delta}{L^2} \quad (5)$$

Lo primero que se hace es dar un valor arbitrario a uno de los momentos y después se observa como deforma el pórtico para poder obtener la relación de deformaciones y con esta obtener el valor del resto de momentos.

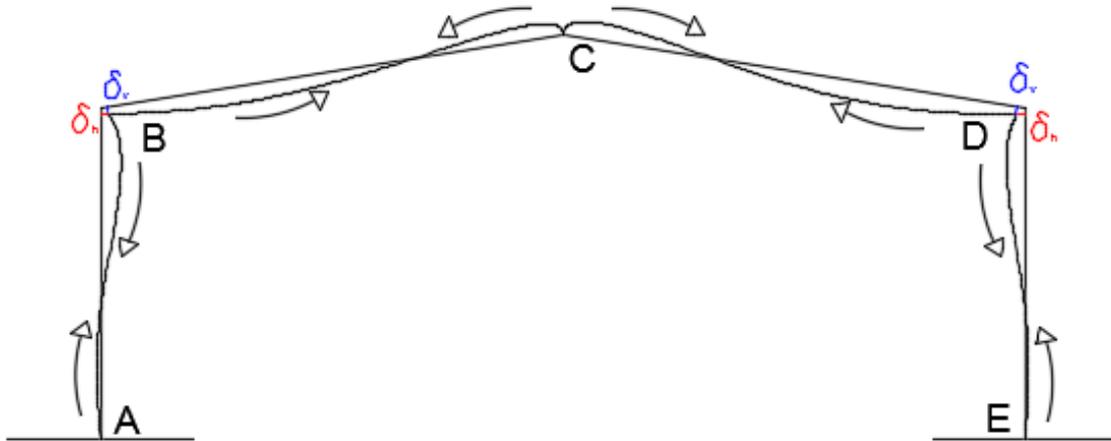


Figura 16. Pórtico con desplazamientos horizontal y vertical.

En la ilustración anterior, podemos ver los desplazamientos que sufren los nudos B y C. Las flechas representadas son los sentidos de los momentos arbitrarios que se utilizan al principio. La relación entre ambas deformaciones es la siguiente:

$$\frac{\delta_h}{2} = \frac{\delta_v}{12'66} \rightarrow \delta_h = \frac{2}{12'66} \cdot \delta_v = 0'158 \cdot \delta_v$$

Se toma que el valor del momento BC es 100 kN·m. Con este valor se obtiene el momento de BA.

$$I_1 = I_{y_{HEB400}} = 577 \cdot 10^6 \quad I_2 = I_{y_{HEB360}} = 432 \cdot 10^6$$

$$M_{BC} = 100 = \frac{6EI_1 \delta_v}{L_{BC}^2} \rightarrow \delta_v = \frac{100 \cdot L_{BC}^2}{6EI_1}$$

$$M_{BA} = \frac{6EI_2 \delta_h}{L_{BA}^2} = \frac{6EI_2 \cdot 0'158 \cdot \delta_v}{L_{BA}^2} = \frac{6EI_2 \cdot 0'158 \cdot 100 \cdot L_{BC}^2}{L_{BA}^2 \cdot 6EI_1} = \frac{15'8 \cdot L_{BC}^2 \cdot I_2}{L_{BA}^2 \cdot I_1}$$

$$M_{BA} = \frac{15'8 \cdot 12'66^2 \cdot 432 \cdot 10^6}{9^2 \cdot 577 \cdot 10^6} = 23'41 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Con los valores calculados, miramos el sentido que tienen a través de la ilustración del pórtico y se le asigna el signo que le corresponde a cada uno. El criterio de signo que se usa es sentido antihorario es sentido negativo y sentido horario es sentido positivo.

$$M_{BA} = M_A = 23'41 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_{BC} = M_{CB} = -100 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

No es necesario analizar el otro lado del pórtico ya que por la condición de contorno de las estructuras de nudos rígidos, se supone que los desplazamientos que sufre el nudo D son los mismos que los que sufre el nudo B. Por lo tanto, los momentos del dintel CD tienen los mismos valores que los momentos del dintel CB, mientras que los momentos del pilar DE son los mismos que lo del pilar AB. Lo único que hay que atribuir es el signo de los momentos, que al igual que hicimos para los primeros momentos hay que mirar el sentido de las flechas en la ilustración y seguir el mismo criterio de signos.

$$M_{CD} = M_{DC} = -M_{BC} = 100 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_{DE} = M_E = -M_{BA} = -23.41 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Ahora se realiza la tabla de momentos de Cross 2º orden con sus valores arbitrarios.

• **Tabla de momentos de Cross de 2º orden con valores arbitrarios**

	B		C		D			
	A	BA	BC	CB	CD	DC	DE	E
p	0,000	0,512	0,488	0,500	0,500	0,488	0,512	0,000
M	23,410	23,410	-100,000	-100,000	100,000	100,000	-23,410	-23,410
1R		39,214	37,376			-37,376	-39,214	
1T	19,607			18,688	-18,688			-19,607
2R								
M' (kN·m)	43,017	62,624	-62,624	-81,312	81,312	62,624	-62,624	-43,017

Tabla 17. Tabla de momentos de Cross de 2º orden con valores arbitrarios.

Para obtener los verdaderos momentos de Cross de 2º orden, hay que hallar el valor de un coeficiente (k) y multiplicar este coeficiente por los valores arbitrarios para obtener así los verdaderos valores de momentos de Cross de 2º orden. La forma de hallar este coeficiente es calcular el sumatorio de esfuerzos horizontales. Este valor por el coeficiente que hay que obtener tiene que ser igual al valor que tenemos del sumatorio de esfuerzos horizontales de los primeros momentos de Cross que se obtuvieron. De esta igualación se obtiene el valor del coeficiente (k).

• **Esfuerzos cortantes**

- Pilar AB

$$Q'_{BA} = -\frac{\overrightarrow{62'624 + 43'017}}{9} = \overrightarrow{11'74} \text{ kN}$$

- Dintel BC

$$Q'_{BC} = -\frac{\overrightarrow{(-62'624) + (-81'312)}}{2} = \overrightarrow{71'97} \text{ kN}$$

$$\Sigma Q'_H = Q'_{BA} + Q'_{BC} = \overrightarrow{11'74} + \overrightarrow{71'97} = \overrightarrow{83'71} \text{ kN}$$

Para que se produzca el equilibrio de esfuerzos cortantes horizontales en B:

$$\sum Q_H = \sum Q'_H \cdot k \rightarrow 323'63 = 83'71 \cdot k \rightarrow k = \frac{323'63}{83'71} = 3'87$$

Por último, se utiliza el principio de superposición y se obtiene el valor de los momentos totales.

$$\text{Principio de superposición: } M_T = M + M' \cdot k \quad (6)$$

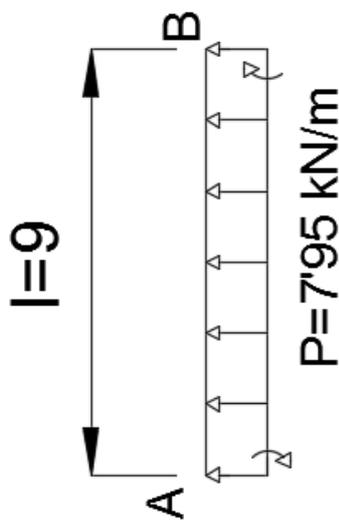
	B			C		D		E
	A	BA	BC	CB	CD	DC	DE	
M	-29,317	102,346	-102,346	171,952	-171,952	102,346	-102,346	29,317
M'·k	166,476	242,355	-242,355	-314,677	314,677	242,355	-242,355	-166,476
M _T (kN·m)	137,159	344,701	-344,701	-142,725	142,725	344,701	-344,701	-137,159
M _{RESISTENTES}	-137,159	344,701	344,701	-142,725	-142,725	344,701	344,701	-137,159

Tabla 18. Tabla de momentos de Cross totales y de momentos actuantes.

• **Esfuerzos Cortantes**

Los esfuerzos cortantes se obtienen con la expresión que se ha indicado anteriormente. Los momentos que se utilizan en la expresión son los momentos de Cross totales.

- Pilar AB



$$Q_0 = \frac{7'95 \cdot 9}{2} = \overrightarrow{35'78 \text{ kN}}$$

$$Q_{AB} = \overrightarrow{35'78} + \left(\overleftarrow{\frac{137'159 + 344'701}{9}} \right)$$

$$Q_{AB} = \overleftarrow{17'76 \text{ kN}}$$

$$Q_{BA} = \overrightarrow{35'78} + \left(\overleftarrow{\frac{344'701 + 137'159}{9}} \right)$$

$$Q_{BA} = \overrightarrow{89'32 \text{ kN}}$$

Figura 17. Pilar AB cargado y momentos dibujados.

- Dintel BC

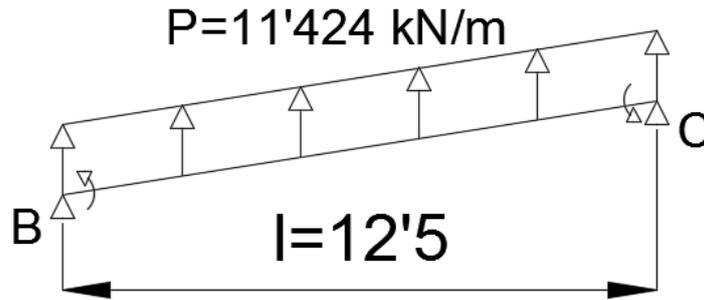


Figura 18. Dintel BC cargado y momentos dibujados.

$$Q_0 = \frac{11'424 \cdot 12'5}{2} = 71'4 \text{ kN} \downarrow$$

$$Q_{Bc} = 71'4 [\downarrow] + \left(-\frac{(-344'701) + (-142'725)}{12'5} \right) [\downarrow] = 110'39 \text{ kN} \downarrow$$

$$Q_{CB} = 71'4 [\downarrow] + \left(-\frac{(-142'725) + (-344'701)}{12'5} \right) [\uparrow] = 32'41 \text{ kN} \downarrow$$

Los esfuerzos cortantes obtenidos son esfuerzos verticales, sin embargo, se necesitan los esfuerzos que son perpendiculares a los dinteles por lo que hay que descomponer los dos esfuerzos anteriores en su componentes perpendiculares a los dinteles. Para ello se utilizar el ángulo de inclinación de los dinteles que es el ángulo de la pendiente (9'09°).

$$Q_{Bc} = 110'39 \cdot \cos 9'09 = 109 \text{ kN} \searrow$$

$$Q_{CB} = 32'41 \cdot \cos 9'09 = 32 \text{ kN} \searrow$$

- Dintel CD

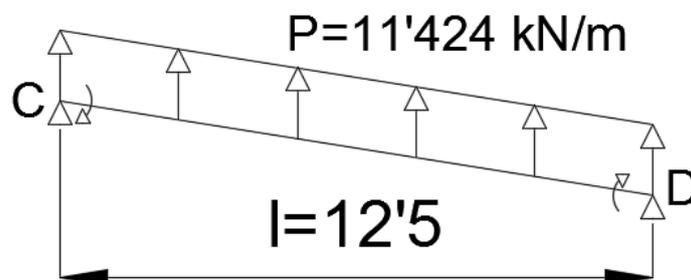


Figura 19. Dintel CD cargado y momentos dibujados.

$$Q_0 = \frac{11'424 \cdot 12'5}{2} = 71'4 kN \downarrow$$

$$Q_{CD} = 71'4 [\downarrow] + \left(-\frac{142'725 + 344'701}{12'5} \right) [\uparrow] = 32'41 kN \downarrow$$

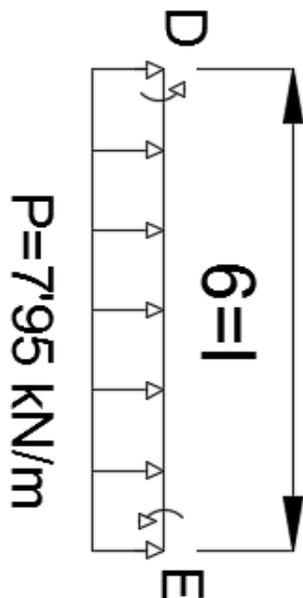
$$Q_{DC} = 71'4 [\downarrow] + \left(-\frac{344'701 + 142'725}{12'5} \right) [\downarrow] = 110'39 kN \downarrow$$

Al igual que en el dintel BC, se tiene que descomponer los esfuerzos cortantes verticales calculados para conseguir su componente perpendicular al dintel.

$$Q_{CD} = 32'41 \cdot \cos 9'09 = 32 kN \checkmark$$

$$Q_{DC} = 110'39 \cdot \cos 9'09 = 109 kN \checkmark$$

- Pilar DE



$$Q_0 = \frac{7'95 \cdot 9}{2} = \overleftarrow{35'78} kN$$

$$Q_{ED} = \overleftarrow{35'78} + \left(\frac{(-137'159) + (-344'791)}{9} \right)$$

$$Q_{ED} = \overrightarrow{17'76} kN$$

$$Q_{DE} = \overleftarrow{35'78} + \left(\frac{(-344'791) + (-137'159)}{9} \right)$$

$$Q_{DE} = \overleftarrow{89'32} kN$$

Figura 20. Pilar DE cargado y momentos dibujados.

2.4.2. Diagramas de esfuerzos cortantes, de momentos flectores, de deformación y de tracción

- **Diagrama de esfuerzos cortantes**

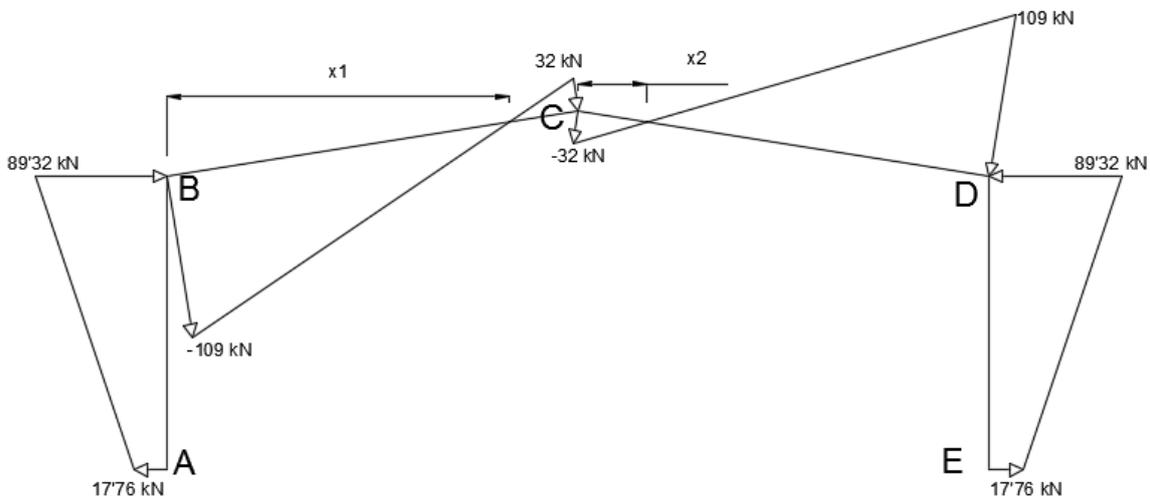


Figura 21. Diagrama de Esfuerzos Cortantes.

Se ve como en los dos dinteles hay un momento en el que los esfuerzos cortantes valen 0. Eso significa que en esos dos puntos y dos momentos máximos flectores. Por lo que hay que calcular la distancia a la que están esos dos puntos para conseguir los valores de los momentos flectores máximos en esos dos puntos. Estas distancias van medidas de forma horizontal y no sobre el dintel.

- Tramo BC

$$\sum Q_{x_1, izq.} = 0 \rightarrow (-110'39) + 11'424 \cdot x_1 = 0 \rightarrow x_1 = \frac{110'39}{11'424} = 9'66 \text{ m}$$

$$M_{x_1, izq.} = (-110'39) \cdot x_1 + \frac{11'424 \cdot x_1^2}{2} + M_{BC}$$

$$M_{x_1, izq.} = (-110'39) \cdot 9'66 + \frac{11'424 \cdot 9'66^2}{2} + 344'701 = -188'7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Tramo CD

$$\sum Q_{x_2, izq.} = 0 \rightarrow (-32'41) + 11'424 \cdot x_2 = 0 \rightarrow x_2 = \frac{32'41}{11'424} = 2'84 \text{ m}$$

$$M_{x_2, izq.} = (-32'41) \cdot x_2 + \frac{11'424 \cdot x_2^2}{2} + M_{CD}$$

$$M_{x_2, izq.} = (-32'41) \cdot 2'84 + \frac{11'424 \cdot 2'84^2}{2} + (-142'725) = -188'7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- **Diagrama de momentos flectores**

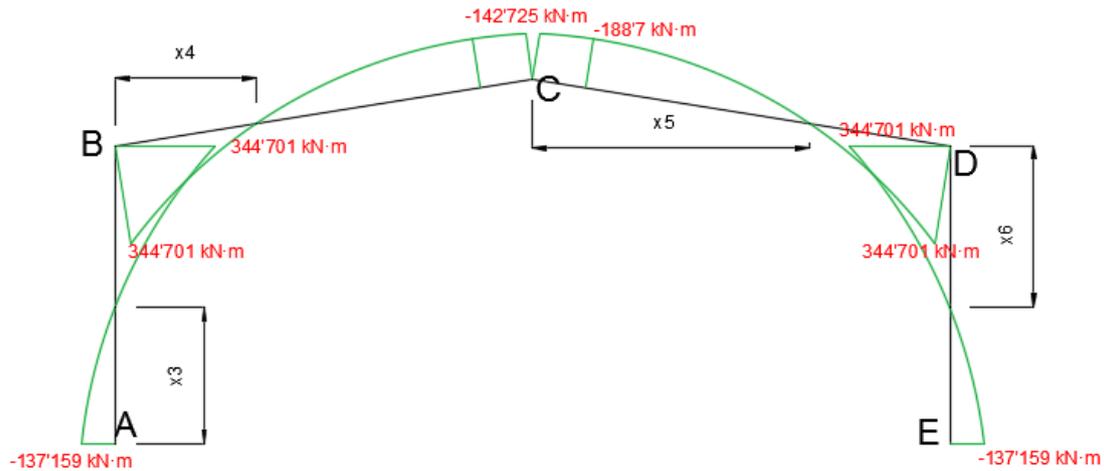


Figura 22. Diagrama de Momentos Flectores.

Tanto en los dinteles como en los pórticos, hay ciertos puntos donde los momentos de ese elemento son 0. Eso significa que esos puntos son puntos de inflexión y es necesario calcular la distancia a la que se producen para poder realizar bien el diagrama de deformaciones. En el caso de los dinteles, las distancias son horizontales y no van medidas con respecto al dintel.

- Tramo AB

$$\sum M_{x_3, izq.} = 0 \rightarrow (-137'159) + 17'76 \cdot x_3 + \frac{7'95 \cdot x_3^2}{2} = 0$$

$$x_3 = \frac{-17'76 \pm \sqrt{17'76^2 - 4 \cdot 3'975 \cdot (-137'159)}}{2 \cdot \frac{7'95}{2}} = \frac{-17'76 \pm 49'962}{7'95}$$

$$x_3 = 4'05 \text{ m}$$

- Tramo BC

$$\sum M_{x_4, izq.} = 0 \rightarrow 344'701 + (-110'39) \cdot x_4 + \frac{11'424 \cdot x_4^2}{2} = 0$$

$$x_4 = \frac{110'39 \pm \sqrt{(-110'39)^2 - 4 \cdot 5'712 \cdot 344'701}}{2 \cdot \frac{11'424}{2}} = \frac{110'39 \pm 65'65}{11'424}$$

$$x_4 = 3'92 \text{ m}$$

- Tramo CD

$$\sum M_{x_5, izq.} = 0 \rightarrow (-142'725) + (-32'41) \cdot x_5 + \frac{11'424 \cdot x_5^2}{2} = 0$$

$$x_5 = \frac{32'41 \pm \sqrt{(-32'41)^2 - 4 \cdot 5'712 \cdot (-142'725)}}{2 \cdot \frac{11'424}{2}} = \frac{32'41 \pm 65'66}{11'424}$$

$$x_5 = 8'58 \text{ m}$$

- Tramo DE

$$\sum M_{x_6, izq.} = 0 \rightarrow 344'701 - 89'32 \cdot x_6 + \frac{7'95 \cdot x_6^2}{2} = 0$$

$$x_6 = \frac{89'32 \pm \sqrt{(-89'32)^2 - 4 \cdot 3'975 \cdot 344'701}}{2 \cdot \frac{7'95}{2}} = \frac{89'32 \pm 49'97}{7'95}$$

$$x_6 = 4'95 \text{ m}$$

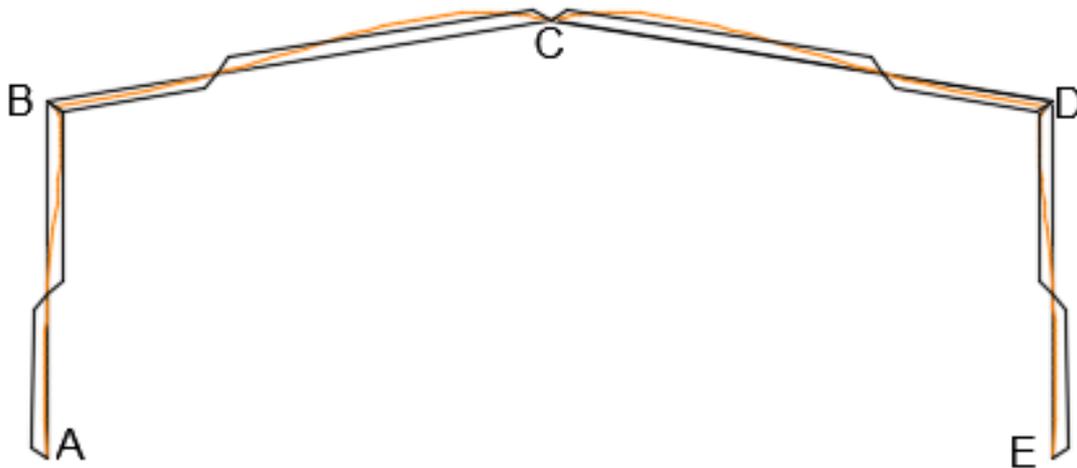
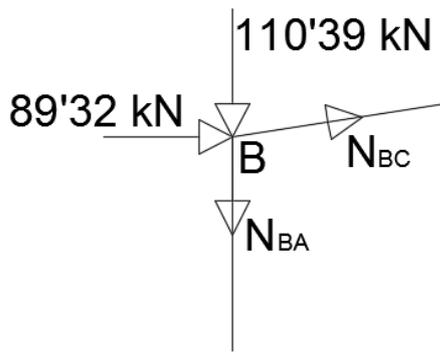
• **Diagrama de deformaciones y diagrama de tracciones**

Figura 23. Diagrama de Deformaciones y Diagrama de Tracciones.

2.4.3. Dimensionamiento➤ **Dintel BC**

En el dimensionamiento del dintel BC se demuestra que el perfil HEB 400 que se escogió al principio y con el que se calculó la relación de inercia, cumple las distintas comprobaciones. Es suficiente con dimensionar la mitad del pórtico, ya que ambas mitades están sometidas a los mismos esfuerzos y a los mismos momentos. Los dinteles están sometidos a esfuerzos combinados de momento flector más esfuerzo de compresión. Para calcular el valor del esfuerzo de compresión del dintel lo que se hace es analizar el nudo B. Con este análisis, también se obtendrá el esfuerzo de compresión del pilar AB.



$$\begin{aligned} \sum F_H &= 0 \\ N_{BC} &= \frac{-89'32}{\cos 9'09} = -90'46 \text{ kN} \\ \sum F_V &= 0 \\ N_{BA} &= (-110'39) + N_{BC} \cdot \sin 9'09 \\ N_{BA} &= -96'1 \text{ kN} \end{aligned}$$

Figura 24. Análisis del nudo B del pórtico.

Conseguido el esfuerzo de compresión en el dintel, se pasa a realizar el dimensionamiento de éste.

$$M_{y,Ed} = 344'701 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad N_{Ed} = N_{BC} = 90'46 \text{ kN}$$

$$A_{necesaria} = \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{90460}{\frac{275}{1'05}} = 345'39 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{HEB 400 } (A = 19800 \text{ mm}^2)$$

$$W_{ynecesario} = \frac{M_{y,Ed}}{f_{yd}} = \frac{344'701 \cdot 10^6}{\frac{275}{1'05}}$$

$$W_{ynecesario} = 1316'131 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \rightarrow \text{HEB 400 } (W_y = 2880 \cdot 10^3 \text{ mm}^3)$$

• **Comprobación de la sección**

Para realizar dicha comprobación, utilizamos la ecuación que nos proporciona el CTE DB SE-A en el apartado 6.2.8 “Interacción de esfuerzos en secciones”, en el punto 1.c.

6.2.8 Interacción de esfuerzos en secciones

1 Flexión compuesta **sin cortante**

a) en general se utilizarán las fórmulas de interacción, de carácter prudente, indicadas a continuación:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1 \quad \text{Para secciones clase 1 y 2.}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rdz}} \leq 1 \quad \text{Para secciones clase 3.}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{u,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{0,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{0,Rdz}} \leq 1 \quad \text{Para secciones clase 4.}$$

Siendo:
$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

Figura 25. Apartado 6.2.8 Interacción de esfuerzos en secciones (CTE DB SE-A). [9]

$$\frac{N_{Ed}}{N_{el,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} \leq 1 \quad (7)$$

$$N_{el,Rd} = A_{HEB\ 400} \cdot f_{yd} = 19800 \cdot \frac{275}{1'05} = 5185714'286\ N$$

$$M_{el,Rdy} = W_{y,HEB\ 400} \cdot f_{yd} = 2880 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1'05} = 754285714'3\ N \cdot mm$$

$$\frac{90460}{5185714'286} + \frac{344'701 \cdot 10^6}{754285714'3} = 0'47 < 1 \rightarrow \text{Cumple HEB 400}$$

- **Comprobación de la barra**

CTE DB SE-A en el apartado 6.3.4.2 “Elementos comprimidos y flectados” proporciona la información y la ecuación para realizar la comprobación.

6.3.4 Interacción de esfuerzos en piezas

6.3.4.2 Elementos comprimidos y flectados

1 A menos que se lleve a cabo un estudio más preciso mediante el procedimiento general descrito en 5.4, las comprobaciones de estabilidad de pieza se realizarán aplicando las fórmulas que se indican a continuación, distinguiendo entre las que sean sensibles o no a la torsión (por ejemplo secciones abiertas o cerradas respectivamente).

La comprobación se llevará a cabo con las fórmulas siguientes:

Para toda pieza:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A^* \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} M_{y,Ed} + e_{N,y} N_{Ed}}{\chi_{LT} W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z k_z \cdot \frac{c_{m,z} M_{z,Ed} + e_{N,z} N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Además, sólo en piezas no susceptibles de pandeo por torsión:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A^* \cdot f_{yd}} + \alpha_y k_y \cdot \frac{c_{m,y} M_{y,Ed} + e_{N,y} N_{Ed}}{W_y \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} M_{z,Ed} + e_{N,z} N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Además, sólo en piezas susceptibles de pandeo por torsión:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A^* \cdot f_{yd}} + k_{yLT} \cdot \frac{M_{y,Ed} + e_{N,y} N_{Ed}}{\chi_{LT} W_y \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} M_{z,Ed} + e_{N,z} N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Figura 26. Apartado 6.3.4.2 Elementos comprimidos y flectados. [9]

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A^* \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (8)$$

Se considera a los nudos B y C como nudos de empotramiento deslizante ya que son nudos susceptibles de desplazamiento. Esto produce que el valor de β sea 1 a la hora de

calcular el valor de L_K , ya que L_K es igual al producto de β por L . El valor de $e_{N,y}$ según la instrucción es 0.

$$\chi_{LT} = 1; A^* = A = 19800 \text{ mm}^2; L = 12660 \text{ mm}; L_k = 1 \cdot 12660 = 12660 \text{ mm}$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_K}\right)^2 \cdot E \cdot I_y = \left(\frac{\pi}{12660}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 577 \cdot 10^6 = 7461522'311 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{275 \cdot 19800}{7461522'311}} = 0'85 < 1$$

$$\text{Perfiles laminados en I; } \frac{h}{b} > 1'2; t \leq 40 \text{ mm} \rightarrow \text{curva a} \rightarrow \chi_y = 0'765$$

$$k_y = 1 + 0'6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{C,Rd}} = 1 + 0'6 \cdot 0'85 \cdot \frac{90460}{0'765 \cdot 5185714'286} = 1'01$$

$$\text{Momentos de extremo} \rightarrow \Psi = \frac{-142'725}{344'701} = -0.41 \rightarrow c_{m,y} = 0'6 + 0'4 \cdot \Psi \geq 0'4$$

$$c_{m,y} = 0'6 + 0'4 \cdot (-0'41) = 0'44 > 0'4$$

$$\frac{90460}{0'765 \cdot 19800 \cdot \frac{275}{1'05}} + 1'01 \cdot \frac{0'44 \cdot 344'701 \cdot 10^6}{2880 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1'05}} = 0'226 < 1$$

Se ve que la comprobación cumple sobradamente, lo cual puede llevar a pensar que sería mejor coger un perfil valor, sin embargo, si observamos la comprobación de la esbeltez reducida en el eje y , el valor de esta comprobación es justo ($0'85 < 1$), por lo que se puede suponer que un perfil menor no cumpliría dicha comprobación y no sería adecuado.

- **Comprobación a pandeo del eje débil (eje z)**

Como los dinteles de los pórticos no van arriostrados es necesario realizar la comprobación a pandeo en el eje débil.

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_K}\right)^2 \cdot E \cdot I_z = \left(\frac{\pi}{12660}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 108 \cdot 10^6 = 1396610'762 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{275 \cdot 19800}{1396610'762}} = 1'97 < 2 \rightarrow \text{cumple}$$

$$\text{Perfiles laminados en I; } \frac{h}{b} > 1'2; t \leq 40 \text{ mm} \rightarrow \text{curva a} \rightarrow \chi_z = 0'2375$$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} = 0'2375 \cdot 19800 \cdot \frac{275}{1'05}$$

$$N_{b,Rd} = 1231607'143 \text{ N} > 87470 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple a pandeo en el eje débil}$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} > 87470 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple por esfuerzos plásticos}$$

Se observa como aquí la comprobación a esbeltez reducida del eje z se cumple incluso de forma más ajustada que para la esbeltez reducida del eje y, con lo cual no podemos reducir el perfil escogido.

➤ Pilar AB

Se comprueba que el perfil HEB 360 que se eligió al principio y con el que se ha realizado la relación de inercia, cumple las distintas comprobaciones. El pilar está sometido a esfuerzos combinados de momento flector más esfuerzo de compresión. El valor del esfuerzo de compresión se obtuvo de analizar el nudo B.

$$M_{y,Ed} = 344'701 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad N_{Ed} = N_{BA} = 96'1 \text{ kN}$$

$$A_{necesaria} = \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{96100}{\frac{275}{1'05}} = 366'93 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{HEB 360 (} A = 18100 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$W_{ynecesario} = \frac{M_{y,Ed}}{f_{yd}} = \frac{344'701 \cdot 10^6}{\frac{275}{1'05}}$$

$$W_{ynecesario} = 1316'131 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \rightarrow \text{HEB 360 (} W_y = 2400 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \text{)}$$

• Comprobación de la sección

$$\frac{N_{Ed}}{N_{el,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} \leq 1 \quad (7)$$

$$N_{el,Rd} = A_{HEB 360} \cdot f_{yd} = 18100 \cdot \frac{275}{1'05} = 4740476'2 \text{ N}$$

$$M_{el,Rdy} = W_{y,HEB 360} \cdot f_{yd} = 2400 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1'05} = 628571428'6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\frac{96100}{4740476'2} + \frac{344'701 \cdot 10^6}{628571428'6} = 0'57 < 1 \rightarrow \text{Cumple HEB 360}$$

• Comprobación de la barra

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A^* \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (8)$$

$$\chi_{LT} = 1; A^* = A = 18100 \text{ mm}^2; L = 9000 \text{ mm}; e_{N,y} = 0$$

En el apartado 6.3.2.5 “Pilares de edificios” del CTE DB SE-A, en el punto 1, encontramos la ecuación que hay que utilizar para obtener el valor de β , el cual es necesario para obtener el valor de L_k .

6.3.2.5 Pilares de edificios

1 La longitud de pandeo L_k de un tramo de pilar de longitud L unido rigidamente a las demás piezas de un pórtico **intraslacional** o de un pórtico **traslacional** en cuyo análisis se haya empleado un método de segundo orden que no considere las imperfecciones de los propios pilares, o el método de mayoración de acciones horizontales descrito en 5.3.1, puede obtenerse del cociente:

$$\beta = \frac{L_k}{L} = \frac{1 + 0,145 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,265 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{2 - 0,364 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,247 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} \leq 1$$

Figura 27. Apartado 6.3.2.5 Pilares de edificios. [9]

En el resto de puntos de este apartado, se puede consultar el resto de información para calcular los coeficientes que se encuentran en esta expresión.

$$\beta = \frac{1 + 0'145 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0'265 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{2 - 0'364 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0'247 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} \leq 1$$

$$\eta_1 = \frac{k_c + k_1}{k_c + k_1 + k_{11} + k_{12}} \quad \eta_2 = \frac{k_c + k_2}{k_c + k_2 + k_{21} + k_{22}}$$

$$k_1 = k_{11} = k_2 = k_{21} = k_{22} = 0$$

$$k_c = \frac{E \cdot I_{y,AB}}{L_{BA}} = \frac{210000 \cdot 432 \cdot 10^6}{9000} = 1'008 \cdot 10^{10}$$

Como el dintel está inclinado y la instrucción no indica nada en este caso, se calcula k_{12} y con el ángulo de cubierta ($9'09^\circ$), se obtiene una resultante.

$$K_{12} = \left(1 + 0'5 \cdot \frac{\theta_b}{\theta_a}\right) \cdot \frac{E \cdot I_{BC}}{L_{BC}}$$

Como los nudos B y C se consideran nudos de empotramientos deslizantes, la ecuación de θ que se utiliza es:

$$\theta = \frac{M \cdot L}{E \cdot I}$$

$$\theta_a = \theta_{BC} = \frac{(-344'701 \cdot 10^6) \cdot 12660}{210000 \cdot 577 \cdot 10^6} = -0'036$$

$$\theta_b = \theta_{CB} = \frac{142'725 \cdot 10^6 \cdot 12660}{210000 \cdot 577 \cdot 10^6} = 0'015$$

$$K_{12,H} = \left(1 + 0'5 \cdot \frac{0'015}{(-0'036)} \right) \cdot \frac{210000 \cdot 577 \cdot 10^6}{12660} = 7'58 \cdot 10^9$$

$$k_{12} = \frac{K_{12,H}}{\cos 9'09} = \frac{7'58 \cdot 10^9}{\cos 9'09} = 7'68 \cdot 10^9$$

$$\eta_1 = \frac{1'008 \cdot 10^{10}}{1'008 \cdot 10^{10} + 7'68 \cdot 10^9} = 0'568 \quad \eta_2 = \frac{1'008 \cdot 10^{10}}{1'008 \cdot 10^{10}} = 1$$

$$\beta = \frac{1 + 0'145 \cdot (0'568 + 1) - 0'265 \cdot 0'568 \cdot 1}{2 - 0'364 \cdot (0'568 + 1) - 0'247 \cdot 0'568 \cdot 1} = 0'835 < 1$$

$$L_k = \beta \cdot L = 0'835 \cdot 9000 = 7515 \text{ mm}$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k} \right)^2 \cdot E \cdot I_y = \left(\frac{\pi}{7515} \right)^2 \cdot 210000 \cdot 432 \cdot 10^6 = 15854217'69 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{275 \cdot 18100}{15854217'69}} = 0'56 < 1$$

Perfiles laminados en I; $\frac{h}{b} \leq 1'2$; $t \leq 100 \text{ mm} \rightarrow$ curva b $\rightarrow \chi_y = 0'856$

$$k_y = 1 + 0'6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{C,Rd}} = 1 + 0'6 \cdot 0'56 \cdot \frac{96100}{0'856 \cdot 4740476'2} = 1'01$$

Momentos debidos a cargas laterales y momentos de extremos

$$\alpha = \frac{188'7}{(-344'701)} = -0'547 \rightarrow c_{m,y} = 0'1 - 0'8 \cdot \alpha \geq 0'4 \text{ si } -1 \leq \alpha \leq 0$$

$$c_{m,y} = 0'1 - 0'8 \cdot (-0'547) = 0'538 > 0'4$$

$$\frac{96100}{0'856 \cdot 18100 \cdot \frac{275}{1'05}} + 1'01 \cdot \frac{0'538 \cdot 344'701 \cdot 10^6}{2400 \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1'05}} = 0'322 < 1$$

No se tiene que realizar la comprobación a pandeo en el eje débil (eje z) ya que el cerramiento lateral de la nave (placas alveolares de hormigón) actúa como arriostramiento de los pilares en el eje z.

Por último indicar, como se hizo al principio del dimensionamiento, que no es necesario dimensionar el dintel CD y el pilar DE, ya que tanto los esfuerzos de compresión como los momentos que soportan son los mismos que en el dintel BC y en el pilar AB.

Además la relación de inercia entre ellos es la misma por lo que basta con el dimensionamiento realizado del dintel BC y del pilar AB.

2.5. Hipótesis de las celosías

A la hora de dimensionar las estructuras de las celosías, se dimensiona por un lado la celosía y por otro lado los pilares que sustentan la celosía.

2.5.1. Celosía exterior

2.5.1.1. Determinación de los esfuerzos internos de las barras

Datos de partida:

- Franja de carga de la celosía: 2'5 metros
- 23 viguetas con una franja de carga de 70 cm
- Forjado uni o bidireccional; grueso total < 30 cm: 4 kN/m^2 [CTE DB SE-AE, Anejo C, tabla C.5 "Peso propio de elementos constructivos"]
- Parque y tarima de 20 mm de espesor sobre rastreles: $0'4 \text{ kN/m}^2$ [CTE DB SE-AE, Anejo C, tabla C.3 "Peso por unidad de superficie de elementos de pavimentación"]
- Peso tabiquería: 1 kN/m^2 [CTE DB SE-AE, Apartado 2.1 "Peso propio", punto 3]
- Peso específico aparente del hormigón normal: 24 kN/m^3 , con un espesor de 5 cm [CTE DB SE-AE, Anejo C, tabla C.1 "Peso específico aparente de materiales de construcción"]
- Categoría de uso B "Zonas administrativas": 2 kN/m^2 [CTE DB SE-AE, apartado 3.1.1 "Valores de sobrecarga", tabla 3.1. "Valores característicos de las sobrecargas de uso"]
- Luz de las celosías: 15'4 metros.
- Los perfiles que se comprueban son UPE doble en cajón con soldadura continua para los tirantes y UPE para los montantes y las diagonales. La calidad del acero de los perfiles es S275.

Lo primero será obtener el valor de las cargas mayoradas que van aplicadas sobre las celosías. Para ello se utilizar como combinación de acciones la relacionada con el valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria (CTE DB SE, apartado 4.2.2 "Combinación de acciones", punto 1). Para dicha combinación, se obtiene los coeficientes parciales de seguridad de la tabla 4.1 "Coeficientes

parciales de seguridad (γ) para las acciones”, esta tabla se consulta en el apartado 4.2.4 “Valor de cálculo de la resistencia” del CTE DB SE.

$$4 \cdot 1'35 + 0'4 \cdot 1'35 + 1 \cdot 1'35 + 24 \cdot 0'05 \cdot 1'35 + 2 \cdot 1'5 = 11'91 \frac{kN}{m^2}$$

$$11'91 \frac{kN}{m^2} \cdot 15'4 m \cdot 2'5 m = 458'54 kN \quad \frac{15'4 m}{0'7 \frac{m}{hueco}} = 22 \text{ huecos} \rightarrow 23 \text{ viguetas}$$

$$\frac{458'54 kN}{23 \text{ viguetas}} = 19'94 \frac{kN}{vigueta}$$

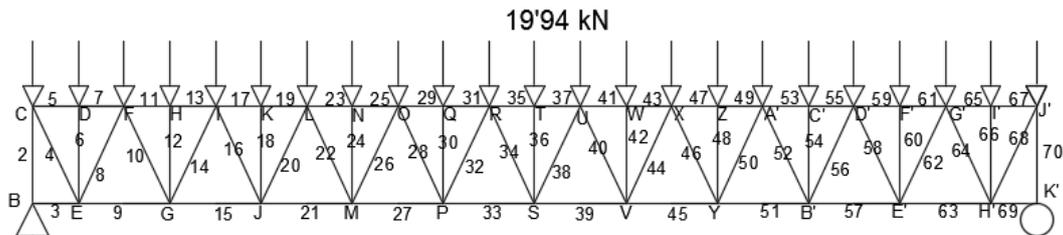


Figura 28. Celosía exterior.

Se comprueba si la estructura es isostática o hiperestática.

$$b + r \leq 2n \rightarrow \text{isostática} \quad (9)$$

Dónde:

- b: número de barras (69 barras)
- r: reacciones exteriores (3 reacciones)
- n: número de nudo (36 nudos)

$$69 + 3 \leq 2 \cdot 36 \rightarrow 72 \leq 72 \rightarrow \text{isostática}$$

Se empieza por obtener las reacciones exteriores y a continuación se utiliza el método de los nudos para conseguir los esfuerzos internos de las barras.

• **Reacciones exteriores**

$$\sum M_b = 0$$

$$R_{K'}$$

$$= \frac{19'94 \cdot (0'7 + 1'4 + 2'1 + 2'8 + 3'5 + 4'2 + 4'9 + 5'6 + 6'3 + 7)}{15'4}$$

$$+ \frac{19'94 \cdot (7'7 + 8'4 + 9'1 + 9'8 + 10'5 + 11'2 + 11'9 + 12'6 + 13'3 + 14 + 14'7 + 15'4)}{15'4}$$

$$R_{K'} = 229'31 kN$$

$$\sum F_V = 0; R_B + R_{K'} = 19'94 \cdot 23 = 458'62 kN; R_B = 229'31 kN$$

• **Nudo B**

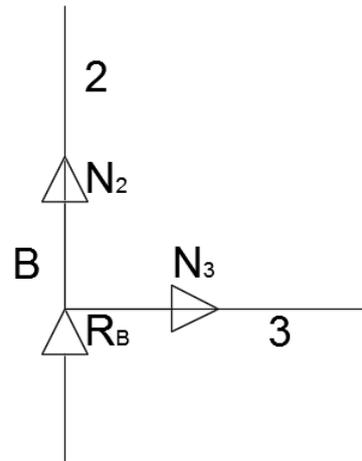


Figura 29. Nudo B.

$$\sum F_H = 0; N_3 = -R_{BH} = 0$$

$$\sum F_V = 0; N_2 = -R_{BV} = -229'31 \text{ kN}$$

- Nudo C

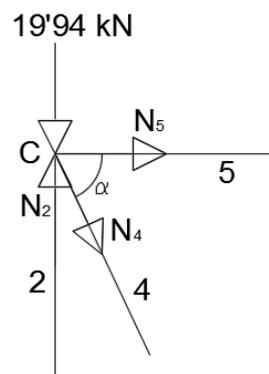


Figura 30. Nudo C.

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{1'5}{0'7} = 64'98^\circ$$

$$\sum F_V = 0; N_4 = \frac{N_2 - 19'94}{\sin 64'98^\circ} = \frac{229'31 - 19'94}{\sin 64'98^\circ} = 231'052 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_5 = -N_4 \cdot \cos 64'98^\circ = -231'052 \cdot \cos 64'98^\circ = -97'72 \text{ kN}$$

- **Nudo D**

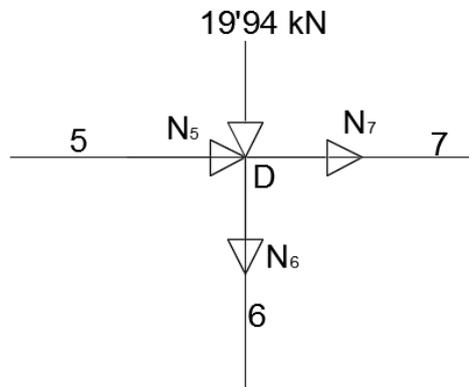


Figura 31. Nudo D.

$$\sum F_V = 0; N_6 = -19'94 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_7 = -N_5 = -97'72 \text{ kN}$$

- **Nudo E**

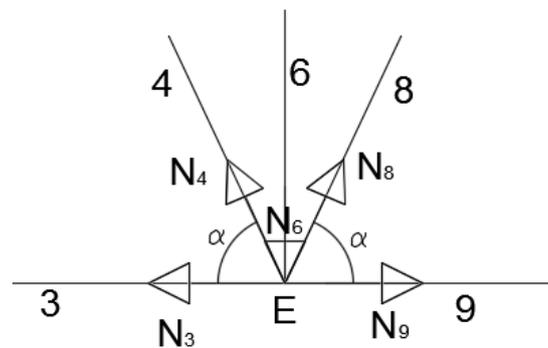


Figura 32. Nudo E.

$$\sum F_V = 0; N_8 = \frac{N_6}{\sin 64'98^\circ} - N_4 = \frac{19'94}{\sin 64'98^\circ} - 231'052 = -209'05 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_9 = N_4 \cdot \cos 64'98^\circ + N_3 - N_8 \cdot \cos 64'98^\circ$$

$$N_9 = 231'052 \cdot \cos 64'98^\circ - (-209'05) \cdot \cos 64'98^\circ = 186'13 \text{ kN}$$

- **Nudo F**

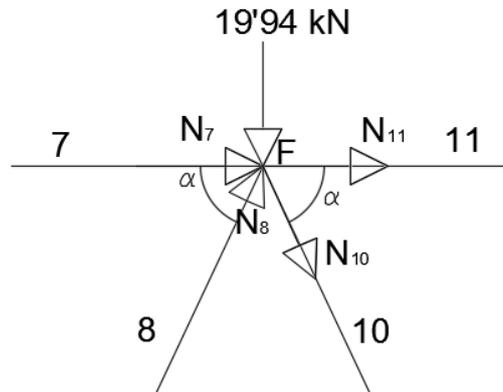


Figura 33. Nudo F.

$$\sum F_V = 0; N_{10} = N_8 - \frac{19'94}{\sin 64'98^\circ} = 209'05 - \frac{19'94}{\sin 64'98^\circ} = 187'05 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{11} = -(N_{10} + N_8) \cdot \cos 64'98^\circ - N_7$$

$$N_{11} = -(187'05 + 209'05) \cdot \cos 64'98^\circ - 97'72 = -265'24 \text{ kN}$$

- **Nudo H**

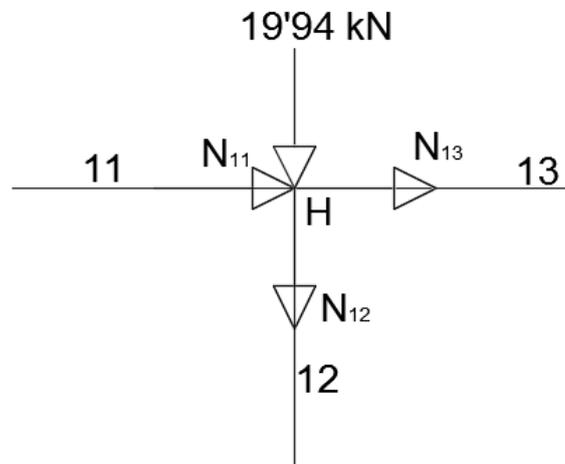


Figura 34. Nudo H.

$$\sum F_V = 0; N_{12} = -19'94 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{13} = -N_{11} = -265'24 \text{ kN}$$

• **Nudo G**

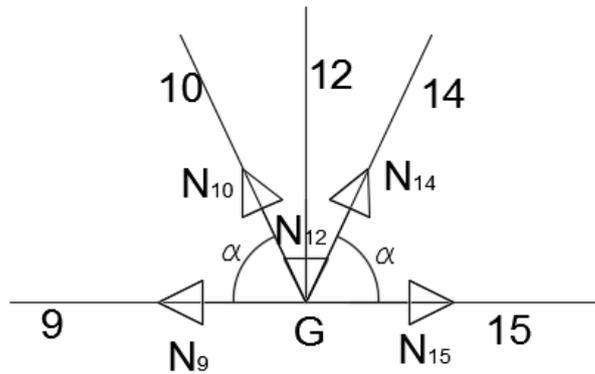


Figura 35. Nudo G.

$$\sum F_V = 0; N_{14} = \frac{N_{12}}{\sin 64'98^\circ} - N_{10} = \frac{19'94}{\sin 64'98^\circ} - 187'05 = -165'05 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{15} = (N_{10} - N_{14}) \cdot \cos 64'98^\circ + N_9$$

$$N_{15} = (187'05 - (-165'05)) \cdot \cos 64'98^\circ + 186'13 = 335'05 \text{ kN}$$

• **Nudo I**

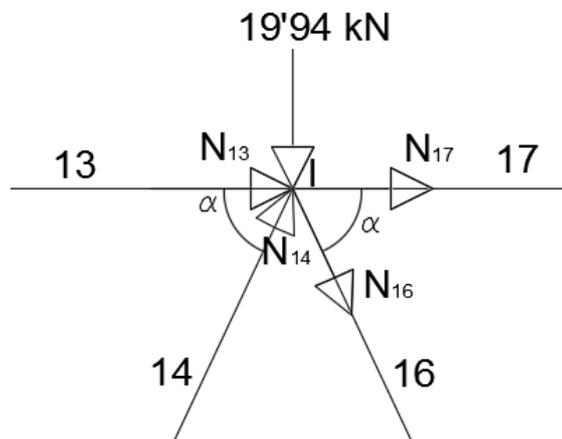


Figura 36. Nudo I.

$$\sum F_V = 0; N_{16} = N_{14} - \frac{19'94}{\sin 64'98} = 165'05 - \frac{19'94}{\sin 64'98} = 143'05 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{17} = -(N_{16} + N_{14}) \cdot \cos 64'98^\circ - N_{13}$$

$$N_{17} = -(143'05 + 165'05) \cdot \cos 64'98^\circ - 265'24 = -395'55 \text{ kN}$$

- **Nudo K**

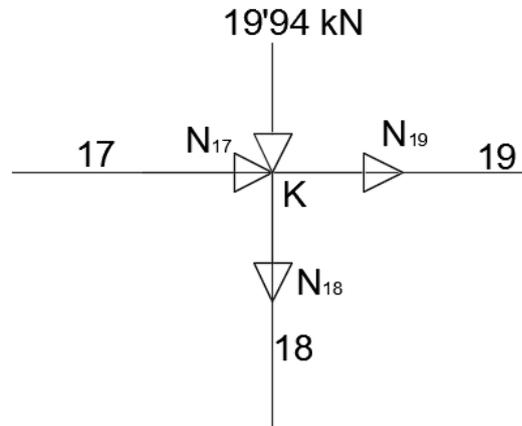


Figura 37. Nudo K.

$$\sum F_V = 0; N_{18} = -19'94 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{19} = -N_{17} = -395'55 \text{ kN}$$

- **Nudo J**

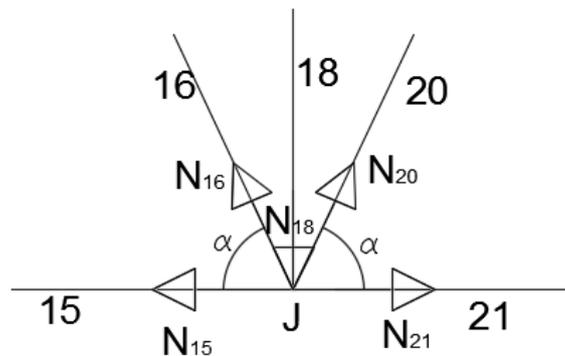


Figura 38. Nudo J.

$$\sum F_V = 0; N_{20} = \frac{N_{18}}{\sin 64'98^\circ} - N_{16} = \frac{19'94}{\sin 64'98^\circ} - 143'05 = -121'05 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{21} = (N_{16} - N_{20}) \cdot \cos 64'98^\circ + N_{15}$$

$$N_{21} = (143'05 - (-121'05)) \cdot \cos 64'98^\circ + 335'05 = 446'75 \text{ kN}$$

- **Nudo L**

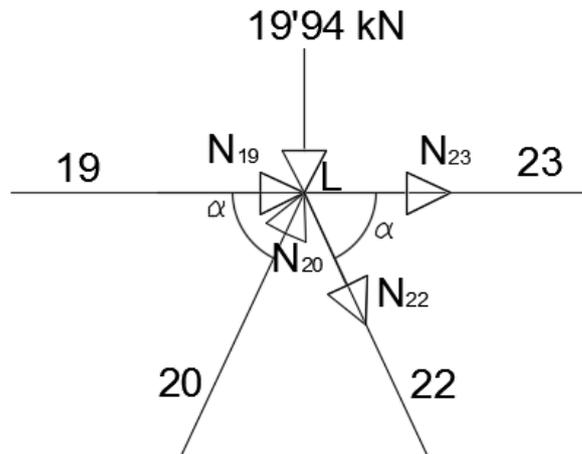


Figura 39. Nudo L.

$$\sum F_V = 0; N_{22} = N_{20} - \frac{19'94}{\sin 64'98^\circ} = 121'05 - \frac{19'94}{\sin 64'98^\circ} = 99'05 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{23} = -(N_{20} + N_{22}) \cdot \cos 64'98^\circ - N_{19}$$

$$N_{23} = -(121'05 + 99'05) \cdot \cos 64'98^\circ - 395'55 = -488'64 \text{ kN}$$

- **Nudo N**

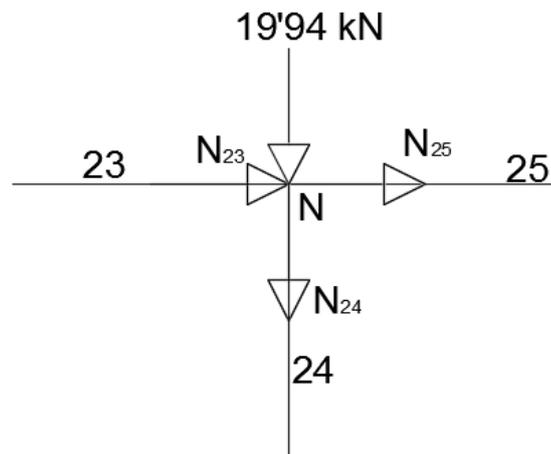


Figura 40. Nudo N.

$$\sum F_V = 0; N_{24} = -19'94 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{25} = -N_{23} = -488'64 \text{ kN}$$

• **Nudo M**

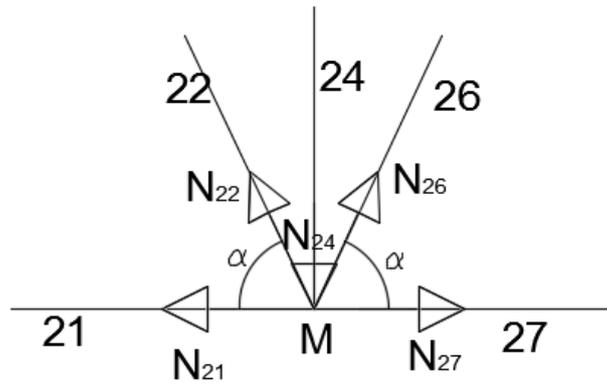


Figura 41. Nudo M.

$$\sum F_V = 0; N_{26} = \frac{N_{24}}{\sin 64'98^\circ} - N_{22} = \frac{19'94}{\sin 64'98^\circ} - 99'05 = -77'05 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{27} = (N_{22} - N_{26}) \cdot \cos 64'98^\circ + N_{21}$$

$$N_{27} = (99'05 - (-77'05)) \cdot \cos 64'98^\circ + 446'75 = 521'23 \text{ kN}$$

• **Nudo O**

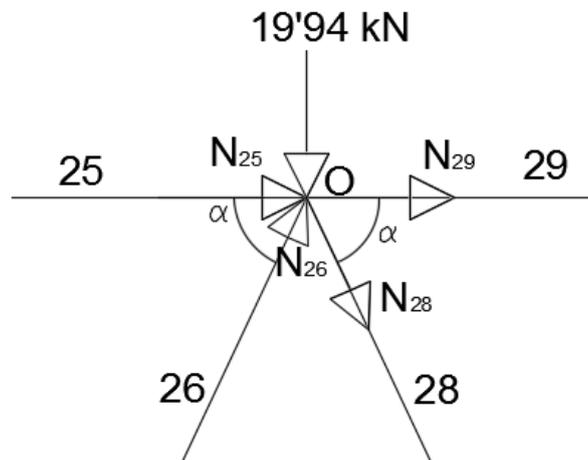


Figura 42. Nudo O.

$$\sum F_V = 0; N_{28} = N_{26} - \frac{19'94}{\sin 64'98^\circ} = 77'05 - \frac{19'94}{\sin 64'98} = 55'05 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{29} = -(N_{26} + N_{28}) \cdot \cos 64'98^\circ - N_{25}$$

$$N_{29} = -(77'05 + 55'05) \cdot \cos 64'98^\circ - 488'64 = -544'51 \text{ kN}$$

- **Nudo Q**

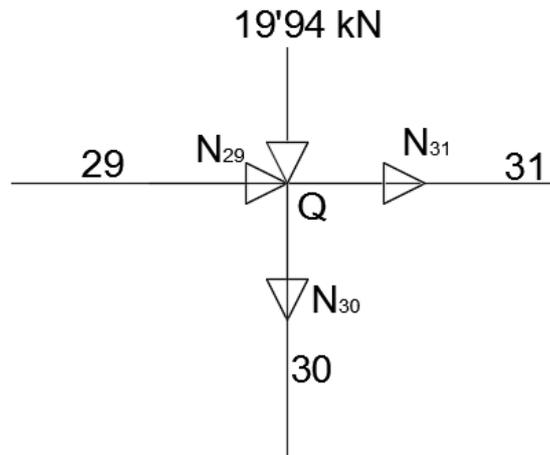


Figura 43. Nudo Q.

$$\sum F_V = 0; N_{30} = -19'94 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{31} = -N_{29} = -544'51 \text{ kN}$$

- **Nudo P**

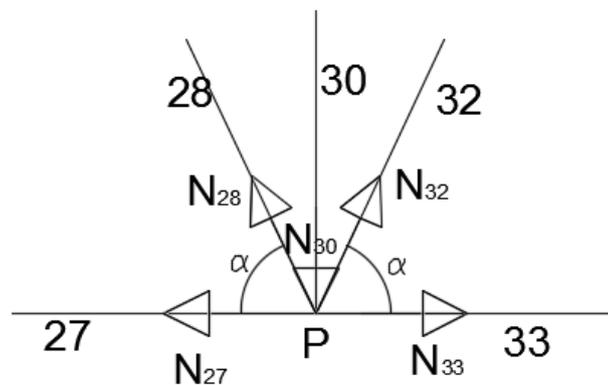


Figura 44. Nudo P.

$$\sum F_V = 0; N_{32} = \frac{N_{30}}{\sin 64'98^\circ} - N_{28} = \frac{19'94}{\sin 64'98^\circ} - 55'05 = -33'05 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{33} = (N_{28} - N_{32}) \cdot \cos 64'98^\circ + N_{27}$$

$$N_{33} = (55'05 - (-33'05)) \cdot \cos 64'98^\circ + 521'23 = 558'5 \text{ kN}$$

- **Nudo R**

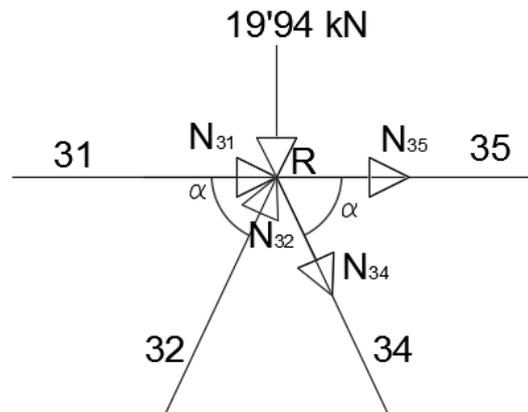


Figura 45. Nudo R.

$$\sum F_V = 0; N_{34} = N_{32} - \frac{19'94}{\sin 64'98^\circ} = 33'05 - \frac{19'94}{\sin 64'98^\circ} = 11'05 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{35} = -(N_{32} + N_{34}) \cdot \cos 64'98^\circ - N_{31}$$

$$N_{35} = -(33'05 + 11'05) \cdot \cos 64'98^\circ - 544'51 = -573'16 \text{ kN}$$

- **Nudo T**

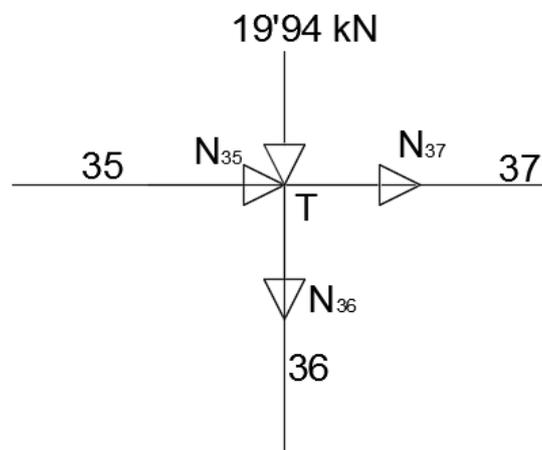


Figura 46. Nudo T.

$$\sum F_V = 0; N_{36} = -19'94 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{37} = -N_{35} = -573'16 \text{ kN}$$

No es necesario seguir analizando el resto de nudos ya que al ser la celosía simétrica en forma y en carga, los esfuerzos de las barras que faltan por analizar son los

mismos que los de sus simétricas. Los esfuerzos de todas las barras los podemos ver en la siguiente tabla.

Barra	N (kN)	L (mm)
2 (70)	-229,31	1500,00
3 (69)	0,00	700,00
4 (68)	231,05	1655,29
5 (67)	-97,72	700,00
6 (66)	-19,94	1500,00
7 (65)	-97,72	700,00
8 (64)	-209,05	1655,29
9 (63)	186,13	1400,00
10 (62)	187,05	1655,29
11 (61)	-265,24	700,00
12 (60)	-19,94	1500,00
13 (59)	-265,24	700,00
14 (58)	-165,05	1655,29
15 (57)	335,05	1400,00
16 (56)	143,05	1655,29
17 (55)	-395,55	700,00
18 (54)	-19,94	1500,00
19 (53)	-395,55	700,00
20 (52)	-121,05	1655,29
21 (51)	446,75	1400,00
22 (50)	99,05	1655,29
23 (49)	-488,64	700,00
24 (48)	-19,94	1500,00
25 (47)	-488,64	700,00
26(46)	-77,05	1655,29
27 (45)	521,23	1400,00
28 (44)	55,05	1655,29
29 (43)	-544,51	700,00
30 (42)	-19,94	1500,00
31 (41)	-544,51	700,00
32(40)	-33,05	1655,29
33 (39)	558,50	1400,00
34 (38)	11,05	1655,29
35 (37)	-573,16	700,00
36	-19,94	1500,00

Tabla 19. Tabla de esfuerzos y longitudes de las barras.

Las casillas marcadas con colores son las barras que se dimensionaran. Las casillas de color azul son las barras de estudio para los tirantes; y la casilla de color verde es la barra de estudio para las diagonales y los montantes. La barra 3 no trabaja pero no se puede eliminar ya que la celosía perdería si no su estabilidad.

2.5.1.2. Dimensionamiento

Se dimensiona un perfil para los tirantes y otro perfil para montantes y diagonales. Las barras de la celosía solo tienen esfuerzos de tracción o de compresión por lo que solo hay que realizar la comprobación a pandeo [CTE DB SE-A, apartados 6.3.2 “Compresión” y 6.3.2.1 “Barras rectas de sección constante y axil constante”]. Si el esfuerzo de la barra que se comprueba es de tracción basta, con calcular la esbeltez reducida y comprobar que es inferior a 3. Sin embargo, si el esfuerzo de la barra que se comprueba es de compresión, hay que calcular la esbeltez reducida para ver si es menor que 2 y, si es así, comprobar que el esfuerzo de la barra es inferior a la capacidad de pandeo por flexión, en compresión centrada, de una barra de sección constante ($N_{b,Rd}$). La comprobación de pandeo se hace del eje con menor inercia.

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

Siendo:

- A **área de la sección transversal en clases 1, 2 y 3, o área eficaz A_{eff} en secciones de clase 4.**
- f_{yd} resistencia de cálculo del acero, tomando $f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$ con $\gamma_{M1} = 1,1$ de acuerdo a 2.3.3.
- χ coeficiente de reducción por pandeo (“Chi”), cuyo valor puede obtenerse en los epígrafes siguientes en función de la **esbeltez reducida y la curva de pandeo apropiada al caso.** (El coeficiente “Chi”, es aproximadamente $1/w$, de la BE EA 95)

6.3.2.1 Barras rectas de sección constante y axil constante

1 Se denomina esbeltez reducida $\bar{\lambda}$, a la relación entre la resistencia plástica de la sección de cálculo y la compresión crítica por pandeo, de valor:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \qquad N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k} \right)^2 \cdot E \cdot I \qquad \text{La carga crítica de Euler.}$$

Siendo:

- E módulo de elasticidad;
- I momento de inercia del área de la sección para flexión en el plano considerado;
- L_k longitud de pandeo de la pieza, equivalente a la distancia entre puntos de inflexión de la deformación de pandeo que la tenga mayor. Para los casos canónicos se define en la tabla 6.1 en función de la longitud de la pieza. Para condiciones diferentes para la carga axial o la sección se define en apartados posteriores.

Figura 47. Apartados 6.3.2 Compresión y 6.3.2.1 Barras rectas de sección constante y axil constante. [9]

- **Tirantes**

Para dimensionar los tirantes, se comprueban dos barras. Por un lado, se comprueba la barra 2 que es la de mayor longitud y, por otro lado, se comprueba la barra 35 que es la que tiene mayor carga de compresión.

- **Barra 2**

$$A_{necesaria} = \frac{N_2}{f_{yd}} = \frac{229310}{\frac{275}{1'05}} = 875'55 \text{ mm}^2 \rightarrow 2 \text{ UPE } 80 \text{ (} A = 2020 \text{ mm}^2 \text{)}$$

- **2 UPE 80**

Datos de partida:

- L= 1500 mm
- $L_k=L= 1500 \text{ mm}$ (Se estima que el valor de L_k es el mismo que el de L)
- $A= 2020 \text{ mm}^2$
- $I_y=2'14 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_y = \left(\frac{\pi}{1500}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 2'14 \cdot 10^6 = 1971288'986 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{275 \cdot 2020}{1971288'986}} = 0'53 < 2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Agrupación de perfiles laminados soldados → curva c → $\chi_y = 0'825$

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot f_{yd} \cdot A = 0'825 \cdot \frac{275}{1'05} \cdot 2020 = 436464'29 \text{ N} > 229310 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

$$N_{pl,Rd} = f_{yd} \cdot A = \frac{275}{1'05} \cdot 2020 = 529047'62 \text{ N} > 229310 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

➤ **Barra 35**

$$A_{necesaria} = \frac{N_{35}}{f_{yd}} = \frac{573160}{\frac{275}{1'05}} = 2188'43 \text{ mm}^2 \rightarrow 2 \text{ UPE } 100 \text{ (} A = 2500 \text{ mm}^2 \text{)}$$

- **2 UPE 100**

Datos de partida:

- L= 700 mm
- $L_k=L= 700 \text{ mm}$ (Se estima que el valor de L_k es el mismo que el de L)
- $A= 2500 \text{ mm}^2$
- $I_y=4'14 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_y = \left(\frac{\pi}{700}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 4'14 \cdot 10^6 = 17511498'09 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{275 \cdot 2500}{17511498'09}} = 0'2 < 2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Agrupación de perfiles laminados soldados → curva c → $\chi_y = 1$

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot f_{yd} \cdot A = 1 \cdot \frac{275}{1'05} \cdot 2500 = 654761'9 \text{ N} > 573160 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

$$N_{pl,Rd} = f_{yd} \cdot A = \frac{275}{1'05} \cdot 2500 = 654761'9 \text{ N} > 573160 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

➤ **Montantes y diagonales**

Para dimensionar los montantes y las diagonales, se estudia la barra 8, ya que es una de las de mayor longitud y tiene la carga de compresión más alta.

➤ **Barra 8**

$$A_{necesaria} = \frac{N_8}{f_{yd}} = \frac{209050}{\frac{275}{1'05}} = 798'19 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{UPE 80 (A = 1010 mm}^2\text{)}$$

- **UPE 80**

Datos de partida:

- L= 1655'29 mm
- $L_k=L= 1655'29$ mm (Se estima que el valor de L_k es el mismo que el de L)
- A= 1010 mm²
- $I_z=0'255 \cdot 10^6$ mm⁴

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_z = \left(\frac{\pi}{1655'29}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 0'255 \cdot 10^6 = 192890'59 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{275 \cdot 1010}{192890'59}} = 1'2 < 2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Pefiles simple U, T, chapa, redondo macizo → curva c → $\chi_z = 0'43$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot f_{yd} \cdot A = 0'43 \cdot \frac{275}{1'05} \cdot 1010 = 113745'24 \text{ N} < 209050 \text{ N} \rightarrow \text{No cumple}$$

- **UPE 100**

Datos de partida:

- L= 1655'29 mm
- $L_k=L= 1655'29$ mm (Se estima que el valor de L_k es el mismo que el de L)
- A= 1250 mm²
- $I_z=0'383 \cdot 10^6$ mm⁴

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_z = \left(\frac{\pi}{1655'29}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 0'383 \cdot 10^6 = 289714'1 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{275 \cdot 1250}{289714'1}} = 1'09 < 2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Pefiles simple U, T, chapa, redondo macizo → curva c → $\chi_z = 0'486$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot f_{yd} \cdot A = 0'486 \cdot \frac{275}{1'05} \cdot 1250 = 159107'14 \text{ N} < 209050 \text{ N} \rightarrow \text{No cumple}$$

- **UPE 120**

Datos de partida:

- $L = 1655'29 \text{ mm}$
- $L_k = L = 1655'29 \text{ mm}$ (Se estima que el valor de L_k es el mismo que el de L)
- $A = 1540 \text{ mm}^2$
- $I_z = 0'555 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_z = \left(\frac{\pi}{1655'29}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 0'555 \cdot 10^6 = 419820'69 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{275 \cdot 1540}{419820'69}} = 1 < 2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Pefiles simple U, T, chapa, redondo macizo \rightarrow curva c $\rightarrow \chi_z = 0'54$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot f_{yd} \cdot A = 0'54 \cdot \frac{275}{1'05} \cdot 1540 = 217800 \text{ N} > 209050 \text{ N} \rightarrow \text{cumple}$$

$$N_{pl,Rd} = f_{yd} \cdot A = \frac{275}{1'05} \cdot 1540 = 403333'33 \text{ N} > 209050 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

2.5.2. Pilares de la Celosía Exterior

2.5.2.1. Determinación de los esfuerzos internos.

Los pilares están sometidos únicamente a esfuerzos de compresión. Los valores de estos esfuerzos son los mismos que se calcularon para las reacciones exteriores de la celosía exterior. Por lo que los pilares están sometidos a esfuerzos de compresión de valor 229'31 kN. Sin embargo, a estos esfuerzos hay que sumarle el peso de la celosía, el cual se reparte mitad a cada pilar. Por lo tanto el esfuerzo interno final de cada pilar es:

$$P_{eso_{2UPE100}} = 19'64 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \rightarrow P_{2UPE100} = 19'64 \cdot 2 \cdot (15'4 + 1'5) = 663'83 \text{ kg}$$

$$P_{eso_{UPE120}} = 12'1 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \rightarrow P_{UPE120} = 12'1 \cdot (11 \cdot 1'5 + 22 \cdot 1'66) = 641'54 \text{ kg}$$

$$P_{celosía} = 663'83 + 641'54 = 1305'37 \text{ kg} = 130'54 \text{ kN}$$

$$\text{Esfuerzo en el pilar AB: } N_1 = 229'31 + \frac{130'54}{2} = 294'58 \text{ kN (Compresión)}$$

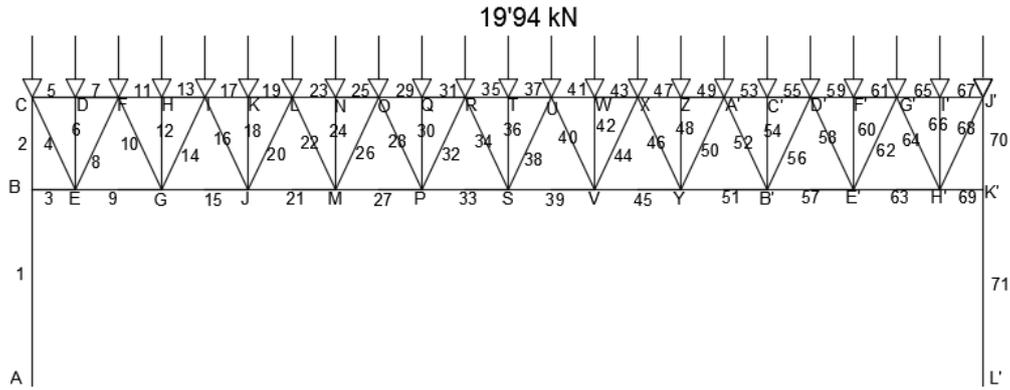


Figura 48. Estructura completa de la celosía exterior.

2.5.2.2. Dimensionamiento

El perfil que se escoge para dimensionar los pilares es el HEB.

$$A_{necesaria} = \frac{N_1}{f_{yd}} = \frac{294580}{\frac{275}{1'05}} = 1124'76 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{HEB 100 (A = 2600 mm}^2\text{)}$$

- HEB 100

Datos de partida:

- L= 3200 mm
- Empotrado-articulado: $L_k=0'7 \cdot L=2240 \text{ mm}$
- A= 2600 mm²
- $I_z=1'67 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_z = \left(\frac{\pi}{2240}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 1'67 \cdot 10^6 = 689825'87 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{275 \cdot 2600}{689825'87}} = 1'02 < 2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Perfiles laminado en I; $\frac{h}{b} < 1'2$; $t < 100 \text{ mm} \rightarrow \text{curva c} \rightarrow \chi_z = 0'528$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot f_{yd} \cdot A = 0'528 \cdot \frac{275}{1'05} \cdot 2600 = 359542'86 \text{ N} > 229310 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

$$N_{pl,Rd} = f_{yd} \cdot A = \frac{275}{1'05} \cdot 2600 = 680952'381 \text{ N} > 229310 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

2.5.3. Celosía Interior

2.5.3.1. Determinación de los esfuerzos internos de las barras

Datos de partida:

- Franja de carga de la celosía: 5 metros
- 23 viguetas con una franja de carga de 70 cm
- Forjado uni o bidireccional; grueso total < 30 cm: 4 kN/m² [CTE DB SE-AE, Anejo C, tabla C.5 “Peso propio de elementos constructivos”]
- Parque y tarima de 20 mm de espesor sobre rastreles: 0’4 kN/m² [CTE DB SE-AE, Anejo C, tabla C.3 “Peso por unidad de superficie de elementos de pavimentación”]
- Peso tabiquería: 1 kN/m² [CTE DB SE-AE, Apartado 2.1 “Peso propio”, punto 3]
- Peso específico aparente del hormigón normal: 24 kN/m³, con un espesor de 5 cm [CTE DB SE-AE, Anejo C, tabla C.1 “Peso específico aparente de materiales de construcción”]
- Categoría de uso B “Zonas administrativas”: 2 kN/m² [CTE DB SE-AE, apartado 3.1.1 “Valores de sobrecarga”, tabla 3.1. “Valores característicos de las sobrecargas de uso”]
- Luz de las celosías: 15’4 metros.
- Los perfiles que se comprueban son UPE doble en cajón con soldadura continua para los tirantes y UPE para los montantes y las diagonales. La calidad del acero de los perfiles es S275.

Lo primero será obtener el valor de las cargas mayoradas que van aplicadas sobre las celosías. Para ello se utilizar como combinación de acciones la relacionada con el valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria (CTE DB SE, apartado 4.2.2 “Combinación de acciones”, punto 1). Para dicha combinación, se obtiene los coeficientes parciales de seguridad de la tabla 4.1 “Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones”, esta tabla se consulta en el apartado 4.2.4 “Valor de cálculo de la resistencia” del CTE DB SE.

$$4 \cdot 1'35 + 0'4 \cdot 1'35 + 1 \cdot 1'35 + 24 \cdot 0'05 \cdot 1'35 + 2 \cdot 1'5 = 11'91 \frac{kN}{m^2}$$

$$11'91 \frac{kN}{m^2} \cdot 15'4 m \cdot 5 m = 917'07 kN \quad \frac{15'4 m}{0'7 \frac{m}{hueco}} = 22 huecos \rightarrow 23 viguetas$$

$$\frac{917'07 kN}{23 viguetas} = 39'873 \frac{kN}{vigueta}$$

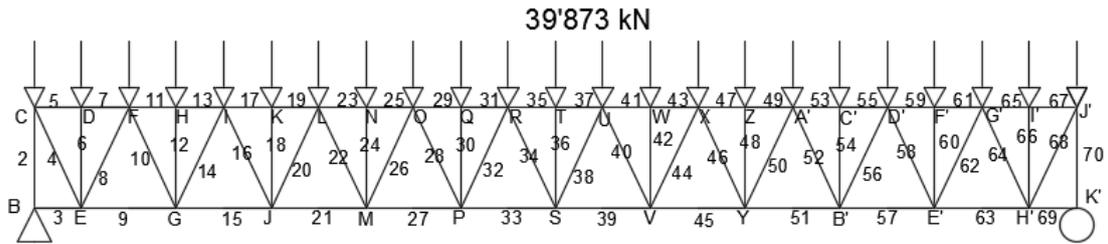


Figura 49. Celosía interior.

Se comprueba si la estructura es isostática o hiperestática.

$$b + r \leq 2n \rightarrow \text{isostática} \quad (9)$$

Dónde:

- b: número de barras (69 barras)
- r: reacciones exteriores (2 reacciones)
- n: número de nudo (36 nudos)

$$69 + 2 \leq 2 \cdot 36 \rightarrow 71 < 72 \rightarrow \text{isostática}$$

Se empieza por obtener las reacciones exteriores y a continuación se utiliza el método de los nudos para conseguir los esfuerzos internos de las barras.

• **Reacciones exteriores**

$$\begin{aligned} \sum M_B = 0 \\ R_{K'} \\ = \frac{39'873 \cdot (0'7 + 1'4 + 2'1 + 2'8 + 3'5 + 4'2 + 4'9 + 5'6 + 6'3 + 7)}{15'4} \\ + \frac{39'873 \cdot (7'7 + 8'4 + 9'1 + 9'8 + 10'5 + 11'2 + 11'9 + 12'6 + 13'3 + 14 + 14'7 + 15'4)}{15'4} \\ R_{K'} = 458'54 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\sum F_v = 0; R_B + R_{K'} = 39'873 \cdot 23 = 917'079 \text{ kN}; R_B = 458'54 \text{ kN}$$

• **Nudo B**

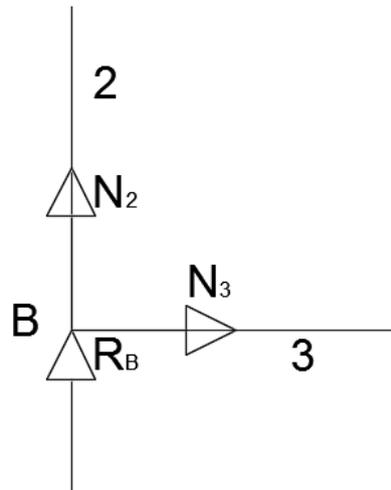


Figura 50. Nudo B.

$$\sum F_H = 0; N_3 = 0$$

$$\sum F_V = 0; N_2 = -N_1 = -458'54 \text{ kN}$$

- **Nudo C**

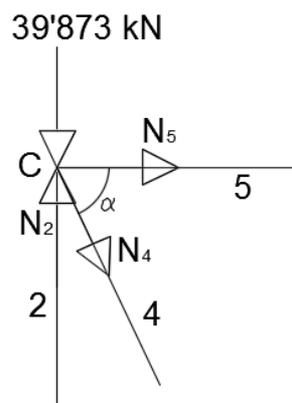


Figura 51. Nudo C.

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{1'5}{0'7} = 64'98^\circ$$

$$\sum F_V = 0; N_4 = \frac{N_2 - 39'873}{\sin 64'98^\circ} = \frac{458'54 - 39'873}{\sin 64'98^\circ} = 462'02 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_5 = -N_4 \cdot \cos 64'98^\circ = -462'02 \cdot \cos 64'98^\circ = -195'41 \text{ kN}$$

• **Nudo D**

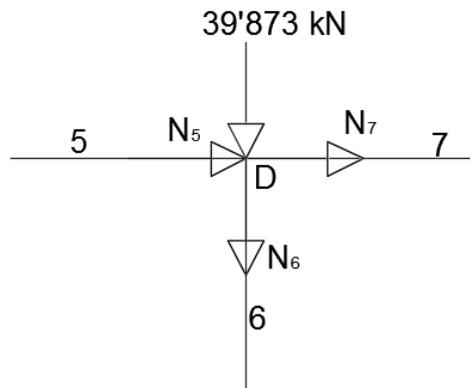


Figura 52. Nudo D.

$$\sum F_V = 0; N_6 = -39'873 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_7 = -N_5 = -195'41 \text{ kN}$$

• **Nudo E**

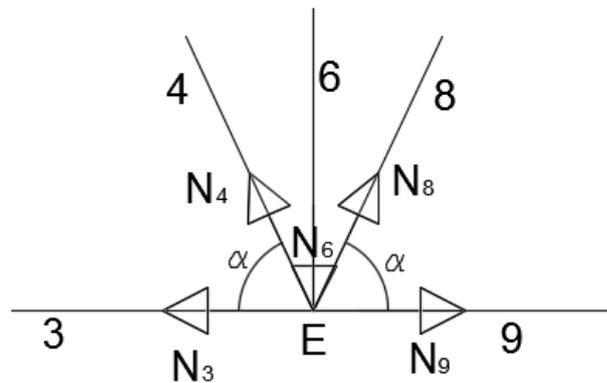


Figura 53. Nudo E.

$$\sum F_V = 0; N_8 = \frac{N_6}{\sin 64'98^\circ} - N_4 = \frac{39'873}{\sin 64'98^\circ} - 462'02 = -418'02 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_9 = N_4 \cdot \cos 64'98^\circ + N_3 - N_8 \cdot \cos 64'98^\circ$$

$$N_9 = 462'02 \cdot \cos 64'98^\circ - (-418'02) \cdot \cos 64'98^\circ = 372'2 \text{ kN}$$

- **Nudo F**

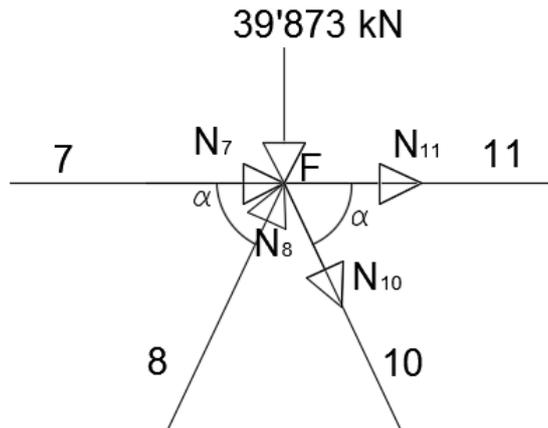


Figura 54. Nudo F.

$$\sum F_V = 0; N_{10} = N_8 - \frac{39'873}{\sin 64'98^\circ} = 418'02 - \frac{39'873}{\sin 64'98^\circ} = 374'02 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{11} = -(N_{10} + N_8) \cdot \cos 64'98^\circ - N_7$$

$$N_{11} = -(374'02 + 418'02) \cdot \cos 64'98^\circ - 195'41 = -530'4 \text{ kN}$$

- **Nudo H**

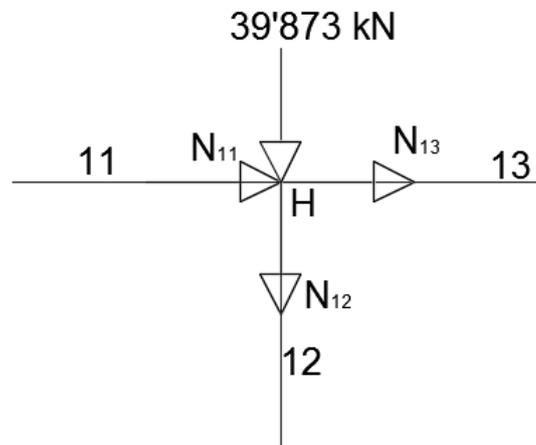


Figura 55. Nudo H.

$$\sum F_V = 0; N_{12} = -39'873 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{13} = -N_{11} = -530'4 \text{ kN}$$

- **Nudo G**

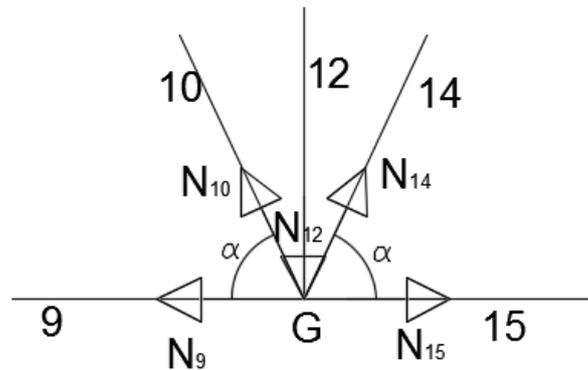


Figura 56. Nudo G.

$$\sum F_V = 0; N_{14} = \frac{N_{12}}{\sin 64'98^\circ} - N_{10} = \frac{39'873}{\sin 64'98^\circ} - 374'02 = -330'02 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{15} = (N_{10} - N_{14}) \cdot \cos 64'98^\circ + N_9$$

$$N_{15} = (374'02 - (-330'02)) \cdot \cos 64'98^\circ + 372'2 = 669'96 \text{ kN}$$

- **Nudo I**

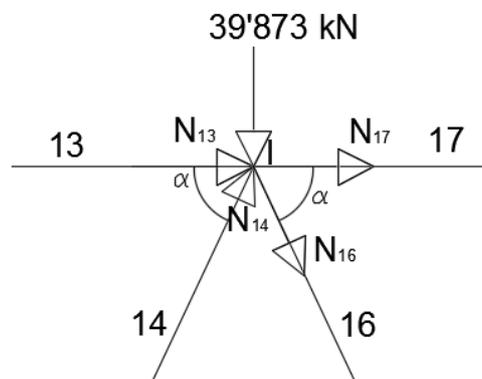


Figura 57. Nudo I.

$$\sum F_V = 0; N_{16} = N_{14} - \frac{39'873}{\sin 64'98} = 330'02 - \frac{39'873}{\sin 64'98} = 286'02 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{17} = -(N_{16} + N_{14}) \cdot \cos 64'98^\circ - N_{13}$$

$$N_{17} = -(286'02 + 330'02) \cdot \cos 64'98^\circ - 530'4 = -790'94 \text{ kN}$$

- **Nudo K**

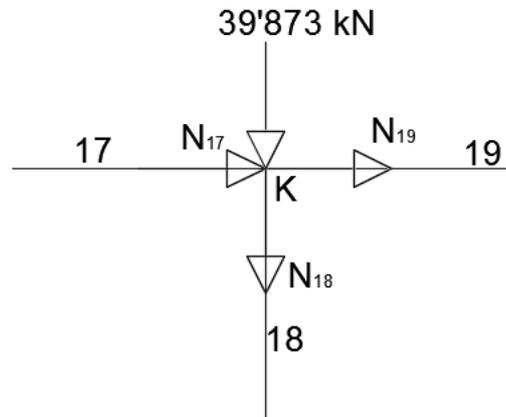


Figura 58. Nudo K.

$$\sum F_V = 0; N_{18} = -39'873 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{19} = -N_{17} = -790'94 \text{ kN}$$

- **Nudo J**

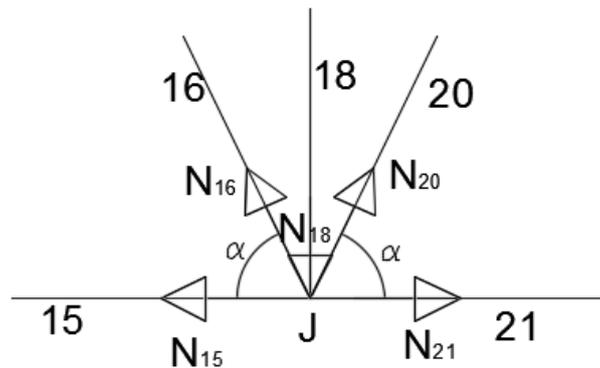


Figura 59. Nudo J.

$$\sum F_V = 0; N_{20} = \frac{N_{18}}{\sin 64'98^\circ} - N_{16} = \frac{39'873}{\sin 64'98^\circ} - 286'02 = -242'02 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{21} = (N_{16} - N_{20}) \cdot \cos 64'98^\circ + N_{15}$$

$$N_{21} = (286'02 - (-242'02)) \cdot \cos 64'98^\circ + 669'96 = 893'29 \text{ kN}$$

- **Nudo L**

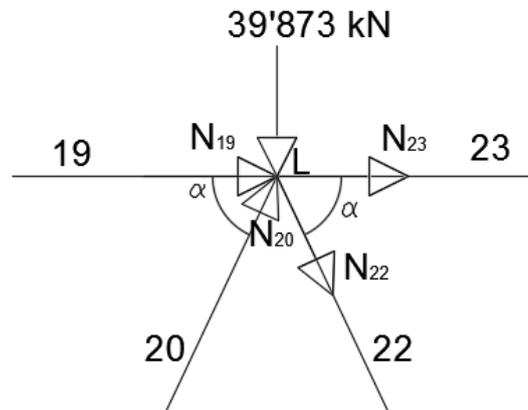


Figura 60. Nudo L.

$$\sum F_V = 0; N_{22} = N_{20} - \frac{39'873}{\sin 64'98^\circ} = 242'02 - \frac{39'873}{\sin 64'98^\circ} = 198'02 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{23} = -(N_{20} + N_{22}) \cdot \cos 64'98^\circ - N_{19}$$

$$N_{23} = -(242'02 + 198'02) \cdot \cos 64'98^\circ - 790'94 = -977'05 \text{ kN}$$

- **Nudo N**

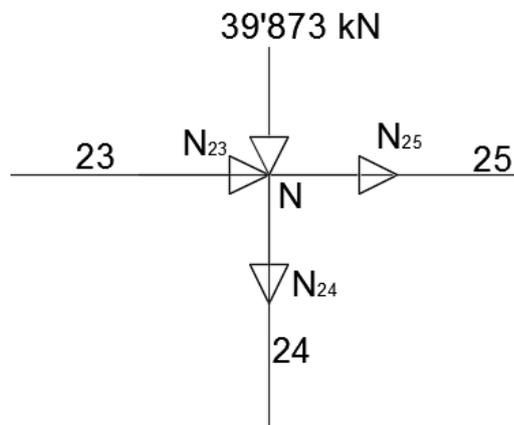


Figura 61. Nudo N.

$$\sum F_V = 0; N_{24} = -39'873 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{25} = -N_{23} = -977'05 \text{ kN}$$

- **Nudo M**

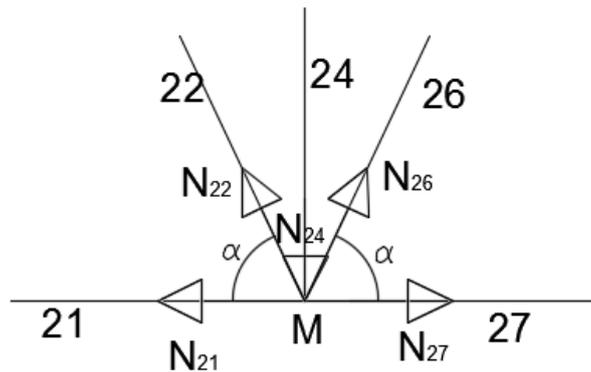


Figura 62. Nudo M.

$$\sum F_V = 0; N_{26} = \frac{N_{24}}{\sin 64'98^\circ} - N_{22} = \frac{39'873}{\sin 64'98^\circ} - 198'02 = -154'02 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{27} = (N_{22} - N_{26}) \cdot \cos 64'98^\circ + N_{21}$$

$$N_{27} = (198'02 - (-154'02)) \cdot \cos 64'98^\circ + 893'29 = 1042'18 \text{ kN}$$

- **Nudo O**

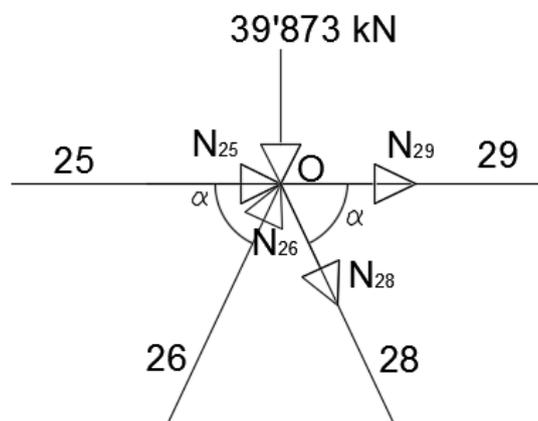


Figura 63. Nudo O.

$$\sum F_V = 0; N_{28} = N_{26} - \frac{19'94}{\sin 64'98^\circ} = 154'02 - \frac{39'873}{\sin 64'98^\circ} = 110'02 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{29} = -(N_{26} + N_{28}) \cdot \cos 64'98^\circ - N_{25}$$

$$N_{29} = -(154'02 + 110'02) \cdot \cos 64'98^\circ - 977'05 = -1088'72 \text{ kN}$$

- **Nudo Q**

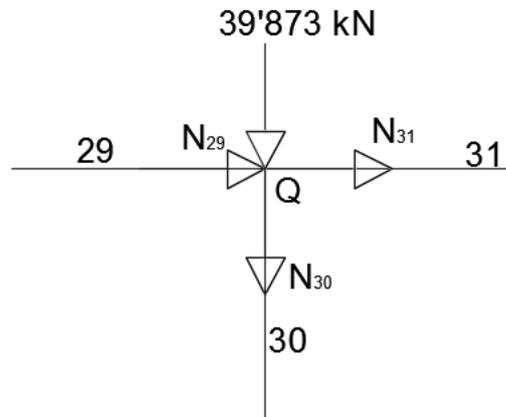


Figura 64. Nudo Q.

$$\sum F_V = 0; N_{30} = -39'873 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{31} = -N_{29} = -1088'72 \text{ kN}$$

- **Nudo P**

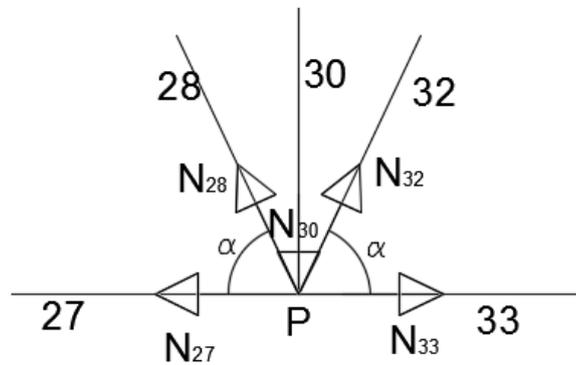


Figura 65. Nudo P.

$$\sum F_V = 0; N_{32} = \frac{N_{30}}{\sin 64'98^\circ} - N_{28} = \frac{39'873}{\sin 64'98^\circ} - 110'02 = -66'02 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{33} = (N_{28} - N_{32}) \cdot \cos 64'98^\circ + N_{27}$$

$$N_{33} = (110'02 - (-66'02)) \cdot \cos 64'98^\circ + 1042'18 = 1116'63 \text{ kN}$$

- **Nudo R**

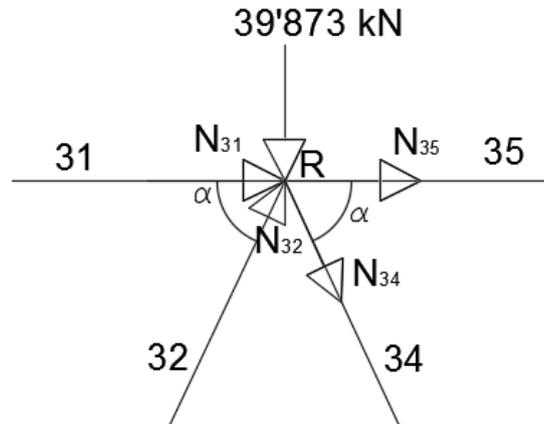


Figura 66. Nudo R.

$$\sum F_V = 0; N_{34} = N_{32} - \frac{19'94}{\sin 64'98^\circ} = 66'02 - \frac{39'873}{\sin 64'98^\circ} = 22'02 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{35} = -(N_{32} + N_{34}) \cdot \cos 64'98^\circ - N_{31}$$

$$N_{35} = -(66'02 + 22'02) \cdot \cos 64'98^\circ - 1088'72 = -1125'96 \text{ kN}$$

- **Nudo T**

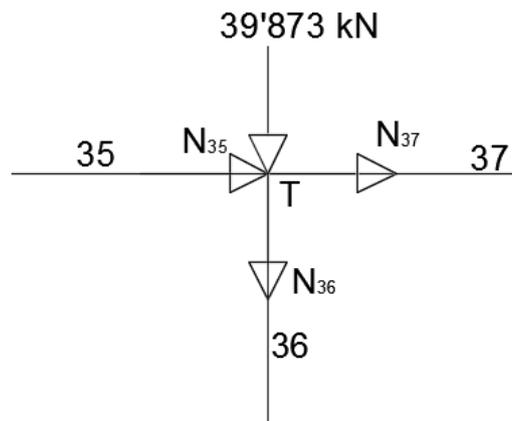


Figura 67. Nudo T.

$$\sum F_V = 0; N_{36} = -39'873 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; N_{37} = -N_{35} = -1125'96 \text{ kN}$$

No es necesario seguir analizando el resto de nudos ya que al ser la celosía simétrica en forma y en carga, los esfuerzos de las barras que faltan por analizar son los

mismos que los de sus simétricas. Los esfuerzos de todas las barras los podemos ver en la siguiente tabla.

Barra	Esfuerzo (kN)	Longitud (mm)
2 (70)	-458,54	1500,00
3 (69)	0,00	700,00
4 (68)	462,02	1655,29
5 (67)	-195,41	700,00
6 (66)	-39,87	1500,00
7 (65)	-195,41	700,00
8 (64)	-418,02	1655,29
9 (63)	372,20	1400,00
10 (62)	374,02	1655,29
11 (61)	-530,40	700,00
12 (60)	-39,87	1500,00
13 (59)	-530,40	700,00
14 (58)	-330,02	1655,29
15 (57)	669,96	1400,00
16 (56)	286,02	1655,29
17 (55)	-790,94	700,00
18 (54)	-39,87	1500,00
19 (53)	-790,94	700,00
20 (52)	-242,02	1655,29
21 (51)	893,29	1400,00
22 (50)	198,02	1655,29
23 (49)	-977,05	700,00
24 (48)	-39,87	1500,00
25 (47)	-977,05	700,00
26(46)	-154,02	1655,29
27 (45)	1042,18	1400,00
28 (44)	110,02	1655,29
29 (43)	-1088,72	700,00
30 (42)	-39,87	1500,00
31 (41)	-1088,72	700,00
32(40)	-66,02	1655,29
33 (39)	1116,63	1400,00
34 (38)	22,02	1655,29
35 (37)	-1125,96	700,00
36	-39,87	1500,00

Tabla 20. Tabla de esfuerzos y longitudes de las barras.

Las casillas marcadas con colores son las barras que se dimensionaran. La casilla de color rojo es la barra de estudio para los pilares; las casillas de color azul son las barras de estudio para los tirantes; y la casilla de color verde es la barra de estudio para las

diagonales y los montantes. La barra 3 no trabaja pero no se puede eliminar ya que la celosía perdería si no su estabilidad.

2.5.2.2. Dimensionamiento

Al igual que en la celosía exterior, se dimensiona un perfil UPE doble en cajón con soldadura continua para los tirantes y un perfil UPE para los montantes y las diagonales. La comprobación es la misma que se utiliza en la celosía exterior.

➤ Tirantes

Para dimensionar los tirantes, se comprueban dos barras. Por un lado, se comprueba la barra 2 que es la de mayor longitud y, por otro lado, se comprueba la barra 35 que es la que tiene mayor carga de compresión.

➤ Barra 2

$$A_{necesaria} = \frac{N_2}{f_{yd}} = \frac{458540}{\frac{275}{1'05}} = 1750'79 \text{ mm}^2 \rightarrow 2 \text{ UPE } 80 \text{ (} A = 2020 \text{ mm}^2 \text{)}$$

- 2 UPE 80

Datos de partida:

- L= 1500 mm
- $L_k=L=1500$ mm (Se estima que el valor de L_k es el mismo que el de L)
- $A= 2020 \text{ mm}^2$
- $I_y=2'14 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k} \right)^2 \cdot E \cdot I_y = \left(\frac{\pi}{1500} \right)^2 \cdot 210000 \cdot 2'14 \cdot 10^6 = 1971288'99 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{275 \cdot 2020}{1971288'99}} = 0'53 < 2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Agrupación de perfiles laminados soldados → curva c → $\chi_y = 0'825$

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot f_{yd} \cdot A = 0'825 \cdot \frac{275}{1'05} \cdot 2020 = 436464'29 \text{ N} < 458540 \text{ N} \rightarrow \text{No cumple}$$

- 2 UPE 100

Datos de partida:

- L= 1500 mm
- $L_k=L= 1500$ mm (Se estima que el valor de L_k es el mismo que el de L)
- $A= 2500 \text{ mm}^2$
- $I_y=4'14 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_y = \left(\frac{\pi}{1500}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 4'14 \cdot 10^6 = 3813615'14 N$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{275 \cdot 2500}{3813615'14}} = 0'42 < 2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Agrupación de perfiles laminados soldados \rightarrow curva c $\rightarrow \chi_y = 0'888$

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot f_{yd} \cdot A = 0'888 \cdot \frac{275}{1'05} \cdot 2500 = 581428'57 N > 458540 N \rightarrow \text{Cumple}$$

$$N_{pl,Rd} = f_{yd} \cdot A = \frac{275}{1'05} \cdot 2500 = 654761'9 N > 458540 N \rightarrow \text{Cumple}$$

➤ Barra 35

$$A_{necesaria} = \frac{N_{35}}{f_{yd}} = \frac{1125960}{\frac{275}{1'05}} = 4299'12 \text{ mm}^2 \rightarrow 2 \text{ UPE 160 } (A = 4340 \text{ mm}^2)$$

- 2 UPE 160

Datos de partida:

- L= 700 mm
- $L_k=L=700$ mm (Se estima que el valor de L_k es el mismo que el de L)
- $A= 4340 \text{ mm}^2$
- $I_y=18'22 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_y = \left(\frac{\pi}{700}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 18'22 \cdot 10^6 = 77067510'94 N$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{275 \cdot 4340}{77067510'94}} = 0'12 < 2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Agrupación de perfiles laminados soldados \rightarrow curva c $\rightarrow \chi_y = 1$

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot f_{yd} \cdot A = 1 \cdot \frac{275}{1'05} \cdot 4340 = 1136666'67 N > 1125960 N \rightarrow \text{Cumple}$$

$$N_{pl,Rd} = f_{yd} \cdot A = \frac{275}{1'05} \cdot 4340 = 1136666'67 N > 1125960 N \rightarrow \text{Cumple}$$

➤ Montantes y diagonales

Para dimensionar los montantes y las diagonales, se estudia la barra 8, ya que es una de las de mayor longitud y tiene la carga de compresión más alta.

➤ Barra 8

$$A_{necesaria} = \frac{N_8}{f_{yd}} = \frac{418020}{\frac{275}{1'05}} = 1596'08 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{UPE 140 } (A = 1840 \text{ mm}^2)$$

- UPE 140

Datos de partida:

- L= 1655'29 mm
- $L_k=L= 1655'29$ mm (Se estima que el valor de L_k es el mismo que el de L)
- A= 1840 mm²
- $I_z=0'788 \cdot 10^6$ mm⁴

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_z = \left(\frac{\pi}{1655'29}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 0'788 \cdot 10^6 = 596069'74 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{275 \cdot 1840}{596069'74}} = 0'92 < 2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Pefiles simple U, T, chapa, redondo macizo → curva c → $\chi_z = 0'588$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot f_{yd} \cdot A = 0'588 \cdot \frac{275}{1'05} \cdot 1840 = 283360 \text{ N} < 418020 \text{ N} \rightarrow \text{No cumple}$$

- UPE 160

Datos de partida:

- L= 1655'29 mm
- $L_k=L= 1655'29$ mm (Se estima que el valor de L_k es el mismo que el de L)
- A= 2170 mm²
- $I_z=1'07 \cdot 10^6$ mm⁴

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_z = \left(\frac{\pi}{1655'29}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 1'07 \cdot 10^6 = 809384'04 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{275 \cdot 2170}{809384'04}} = 0'86 < 2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Pefiles simple U, T, chapa, redondo macizo → curva c → $\chi_z = 0'624$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot f_{yd} \cdot A = 0'624 \cdot \frac{275}{1'05} \cdot 2170 = 354640 \text{ N} < 418020 \text{ N} \rightarrow \text{No cumple}$$

- UPE 180

Datos de partida:

- L= 1655'29 mm
- $L_k=L= 1655'29$ mm (Se estima que el valor de L_k es el mismo que el de L)
- A= 2510 mm²
- $I_z=1'44 \cdot 10^6$ mm⁴

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_z = \left(\frac{\pi}{1655'29}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 1'44 \cdot 10^6 = 1089264'5 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{275 \cdot 2510}{1089264'5}} = 0'8 < 2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Pefiles simple U, T, chapa, redondo macizo → curva c → $\chi_z = 0'66$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot f_{yd} \cdot A = 0'66 \cdot \frac{275}{1'05} \cdot 2510 = 433871'43 \text{ N} > 418020 \text{ N} \rightarrow \text{cumple}$$

$$N_{pl,Rd} = f_{yd} \cdot A = \frac{275}{1'05} \cdot 2510 = 657380'95 \text{ N} > 418020 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

2.5.4. Pilares de la Celosía Interior

2.5.4.1. Determinación de los esfuerzos internos.

Los pilares están sometidos únicamente a esfuerzos de compresión. Los valores de estos esfuerzos son los mismos que se calcularon para las reacciones exteriores de la celosía interior. Por lo que los pilares están sometidos a esfuerzos de compresión de valor 458'54 kN. Sin embargo, a estos esfuerzos hay que sumarle el peso de la celosía, el cual se reparte mitad a cada pilar. Por lo tanto el esfuerzo interno final de cada pilar es:

$$P_{eso_{2UPE160}} = 34 \frac{kg}{m} \rightarrow P_{2UPE160} = 34 \cdot 2 \cdot (15'4 + 1'5) = 1149'2 \text{ kg}$$

$$P_{eso_{UPE180}} = 19'7 \frac{kg}{m} \rightarrow P_{UPE120} = 19'7 \cdot (11 \cdot 1'5 + 22 \cdot 1'66) = 1044'5 \text{ kg}$$

$$P_{celosía} = 1149'2 + 1044'5 = 2193'7 \text{ kg} = 219'37 \text{ kN}$$

$$\text{Esfuerzo en el pilar AB: } N_1 = 458'54 + \frac{219'37}{2} = 568'23 \text{ kN (Compresión)}$$

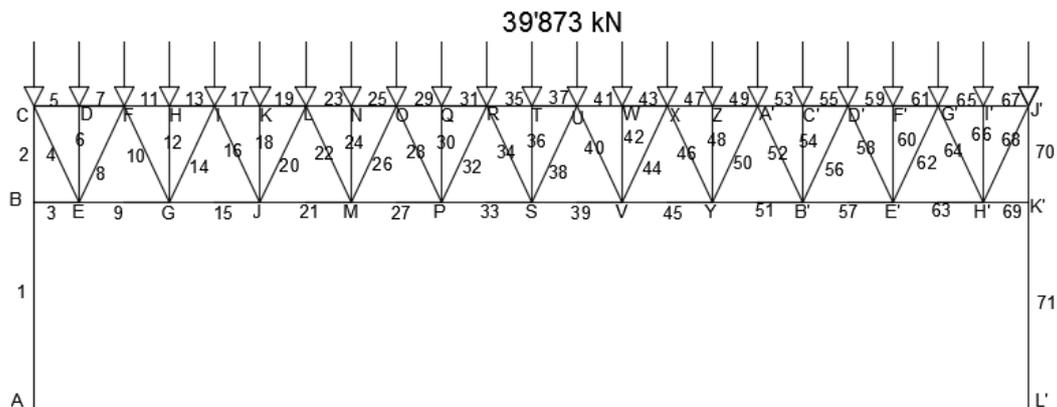


Figura 68. Estructura completa de la celosía interior.

2.5.4.2. Dimensionamiento

El perfil que se escoge para dimensionar los pilares es el HEB.

$$A_{necesaria} = \frac{N_1}{f_{yd}} = \frac{568230}{\frac{275}{1'05}} = 2169'61 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{HEB 100 (A = 2600 mm}^2\text{)}$$

- HEB 100

Datos de partida:

- L= 3200 mm
- Empotrado-articulado: $L_k=0'7 \cdot L=2240$ mm
- A= 2600 mm²
- $I_z=1'67 \cdot 10^6$ mm⁴

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_z = \left(\frac{\pi}{2240}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 1'67 \cdot 10^6 = 689825'87 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{275 \cdot 2600}{689825'87}} = 1'02 < 2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Perfiles laminado en I; $\frac{h}{b} < 1'2$; $t < 100$ mm \rightarrow curva c $\rightarrow \chi_z = 0'528$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot f_{yd} \cdot A = 0'528 \cdot \frac{275}{1'05} \cdot 2600 = 359542'86 \text{ N} < 568230 \text{ N} \rightarrow \text{No cumple}$$

- HEB 120

Datos de partida:

- L= 3200 mm
- Empotrado-articulado: $L_k=0'7 \cdot L=2240$ mm
- A= 3400 mm²
- $I_z=3'18 \cdot 10^6$ mm⁴

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_z = \left(\frac{\pi}{2240}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 3'18 \cdot 10^6 = 1313560'63 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{275 \cdot 3400}{1313560'63}} = 0'84 < 2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Perfiles laminado en I; $\frac{h}{b} < 1'2$; $t < 100$ mm \rightarrow curva c $\rightarrow \chi_z = 0'636$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot f_{yd} \cdot A = 0'636 \cdot \frac{275}{1'05} \cdot 3400 = 566342'86 \text{ N} < 568230 \text{ N} \rightarrow \text{No cumple}$$

- HEB 140

Datos de partida:

- L= 3200 mm
- Empotrado-articulado: $L_k=0'7 \cdot L=2240$ mm
- A= 4300 mm²
- $I_z= 5'5 \cdot 10^6$ mm⁴

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_z = \left(\frac{\pi}{2240}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 5'5 \cdot 10^6 = 2271881'6 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{275 \cdot 4300}{2271881'6}} = 0'72 < 2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Perfiles laminado en I; $\frac{h}{b} < 1'2$; $t < 100 \text{ mm} \rightarrow \text{curva c} \rightarrow \chi_z = 0'708$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot f_{yd} \cdot A = 0'708 \cdot \frac{275}{1'05} \cdot 4300 = 797342'86 \text{ N} > 568230 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

$$N_{pl,Rd} = f_{yd} \cdot A = \frac{275}{1'05} \cdot 4300 = 1126190'48 \text{ N} > 568230 \text{ N} \rightarrow \text{Cumple}$$

2.6. Cálculo de la cimentación

2.6.1. Antecedentes

En este apartado, se comprueba que la cimentación que se obtiene en Cype, cumple de forma analítica las comprobaciones necesarias. Los esfuerzos y momentos con los que se realizan las comprobaciones se obtienen de Cype. Para obtener sus valores se usa la opción "Reacciones" y dentro del menú que despliega se selecciona la opción "Envolventes de las combinaciones de equilibrio de cimentación". A continuación se sitúa el cursor sobre la placa de anclaje que se quiera y aporta los valores de los esfuerzos y momentos según los ejes de Cype. Como se comprueban diferentes tipos de zapatas en cada una indicaremos los valores de dichos esfuerzos y momentos.

La cimentación consta de zapatas aisladas unidas mediante vigas de atado. Los datos de la obra son:

- Hormigón HA-25/B/30/IIa
- Armaduras pasivas de acero B-500 S, con un límite elástico $\geq 500 \text{ MPa}$
- Resistencia característica del terreno
 - $\sigma = 200 \text{ kN/m}^2$, para situaciones persistentes
 - $\sigma = 300 \text{ kN/m}^2$, para situaciones accidentales
- Placa de anclaje de 600x700x35 mm con 8 pernos de acero B-500 S, de diámetro 40 mm y con una longitud en forma de gancho a 180 grados de 80 cm. Estas placas de anclaje se utilizan en los pilares HEB 360.
- Placa de anclaje de 250x250x11 mm con 4 pernos de acero B-500 S, de diámetro 10 mm y con una longitud en forma de gancho a 180 grados de 30 cm. Estas placas de anclaje se utilizan en los pilares HEB 160.

- Placa de anclaje de 250x250x15 mm con 4 pernos de acero B-500 S, de diámetro 10 mm y con una longitud en forma de gancho a 180 grados de 30 cm. Estas placas de anclaje se utilizan en los pilares HEB 140.
- Placa de anclaje de 200x200x18 mm con 4 pernos de acero B-500 S, de diámetro 8 mm y con una longitud en forma de gancho a 180 grados de 30 cm. Estas placas de anclaje se utilizan en los pilares HEB 100.

El CTE DB SE-C indica que las zapatas se calculan como sólido rígido y las comprobaciones a realizar son:

➤ Comprobación al vuelco

$$M (\text{estabilizador}) \geq M (\text{desestabilizador})$$

$$(N + P) \cdot (a'/2) \cdot \gamma_E \geq (M + V \cdot h) \cdot \gamma_{E'}$$

Tabla 2.1 CTE/DB-SE-C

-Situación persistente o transitoria:

$$\gamma_E = 0,9$$

$$\gamma_{E'} = 1,8$$

-Situación extraordinaria:

$$\gamma_E = 1,2$$

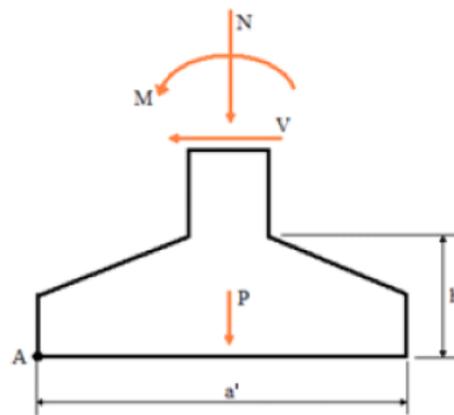


Figura 69. Comprobación al vuelco. [10]

➤ Comprobación al deslizamiento

Sólo en zapatas aisladas no arriostradas, sometidas a acciones horizontales.

-Sobre terrenos granulares (arenas):

$$(N + P) \cdot \operatorname{tg} \varphi_d \geq \gamma \cdot V$$

-Sobre terrenos cohesivos (arcillas):

$$(N + P) \cdot \operatorname{tg} \varphi_d + A \cdot C_d \geq \gamma \cdot V$$

Siendo:

$$\varphi_d = 2/3 \varphi$$

φ = ángulo de rozamiento interno del terreno

$$C_d = 0'5 \cdot C$$

C = valor de cálculo de la cohesión

A = superficie de a base de la zapata

γ = coeficiente de seguridad al deslizamiento:

-situación persistente o transitoria = 1'5

-situación extraordinaria = 1'1

Figura 70. Comprobación al deslizamiento. [10]

➤ Comprobación de tensiones en el terreno

Se pueden dar dos situaciones con respecto a la excentricidad, $e = M/N$:

1º.- $e \leq a' / 6 \Rightarrow$ RECOMENDABLE

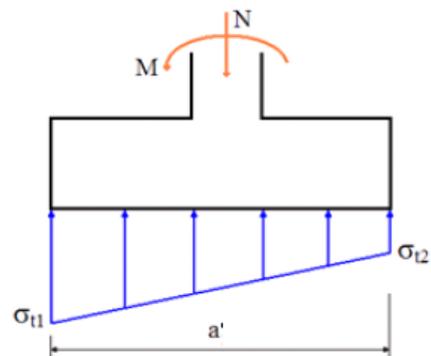
Las presiones sobre el suelo siguen la Ley de NAVIER.

$$\sigma_t = \frac{N}{a'} \pm \frac{6 \cdot M}{a'^2}$$

$$\text{Siendo, } \sigma_{t1} = \frac{N}{a'} + \frac{6 \cdot M}{a'^2}$$

$$\sigma_{t2} = \frac{N}{a'} - \frac{6 \cdot M}{a'^2}$$

Como $\sigma_{t2} > 0$, toda la sección está comprimida.

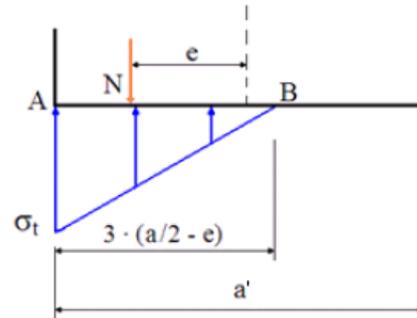


Se deberá cumplir que: $\frac{3\sigma_{t1} + \sigma_{t2}}{4} \leq \sigma_{adm,t}$

2ª.- $e > a' / 6 \Rightarrow$ La resultante sale fuera del tercio central.

La respuesta del terreno pasa de trapezoidal a triangular.

$$\sigma_t = \frac{2N}{3\left(\frac{a'}{2} - e\right)}$$



Deberá cumplirse que,

$$\sigma_t \leq 1,25 \cdot \sigma_{adm,t}$$

Figura 71. Comprobación de tensiones en el terreno. [10]

- **Comprobaciones EHE-08:** cálculo mecánico de la cimentación como elemento de hormigón armado, según el artículo 58 del EHE-08.

Indicar que como las zapatas de la cimentación están unidas por vigas de atado no es necesario realizar la comprobación a deslizamiento ya que las vigas de atado impiden que se produzca el deslizamiento.

2.6.2. Cálculo de zapatas medianeras grandes para pilares HEB 360

En esta zapata es la única en la que se coloca una armadura superior, a parte de la armadura inferior. Para calcular cada una, se usa los valores de las dos hipótesis que aporta Cype, es decir, Cype proporciona a través de la opción "Reacciones", de la cual ya se ha hablado antes, los valores máximos y mínimos del axil, del cortante y del momento que afectan a la zapata. Los valores máximos se consideran una hipótesis y los valores mínimos otra. Con los valores máximos se obtiene la armadura inferior o con los valores mínimos se obtiene la armadura superior.

2.6.2.1. Armadura inferior

Los datos de partida que tenemos son:

- Dimensiones de la zapata: 290x353 cm
- Canto: 150 cm
- Acciones máximas:
 - Axil (compresión): $N = 37'176 \text{ t} = 371'76 \text{ kN}$
 - Cortante: $V = 8'51 \text{ t} = 85'1 \text{ kN}$
 - Momento flector: $M = 12'722 \text{ t}\cdot\text{m} = 127'22 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- Hormigón HA-25/B/30/IIa
- Armaduras pasivas de acero B-500 S, con un límite elástico $\geq 500 \text{ MPa}$
- Placa de anclaje de 600x700x35 mm con 8 pernos de acero B-500 S, de diámetro 40 mm y con una longitud en forma de gancho a 180 grados de 80 cm.

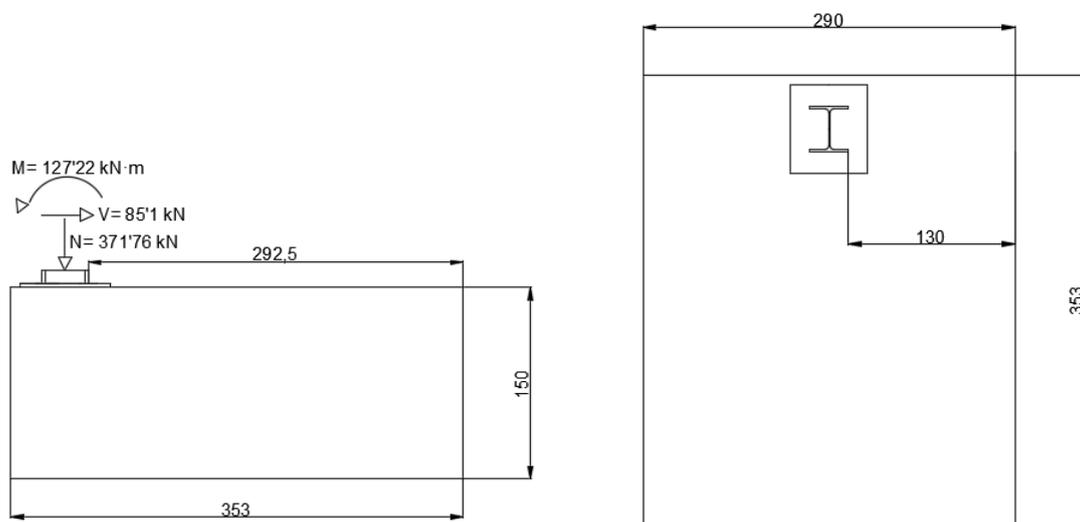


Figura 72. Hipótesis de acciones máximas.

Se comprueba si se trata de una zapata rígida o una zapata flexible. Para ello, se realiza la siguiente comprobación:

$$\text{Si } v > 2h \rightarrow \text{Zapata flexible} \quad \text{Si } v \leq 2h \rightarrow \text{Zapata rígida} \quad (10)$$

$$v = 292'5 \text{ cm}; h = 150 \text{ cm}; 292'5 < 2 \cdot 150 = 300; \text{Zapata rígida}$$

Se calcula el peso de la zapata:

$$P_{zapata} = 3'53 \cdot 2'90 \cdot 1'5 \cdot 25 = 383'89 \text{ kN}$$

2.6.2.1.1. Comprobaciones del CTE

➤ Comprobación al vuelco

$$M_{estabilizador} > M_{desestabilizador} \quad (11)$$

$$M_{estabilizador} = 371'76 \cdot (2'975 + 0'18) \cdot 0'9 + 383'89 \cdot \frac{3'53}{2} \cdot 0'9 + 127'22 \cdot 0'9$$

$$M_{estabilizador} = 1779'92 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{desestabilizador} = 85'1 \cdot 1'5 \cdot 1'8 = 229'77 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$1779'92 > 229'77 \rightarrow \text{Cumple la comprobación al vuelco}$$

➤ **Comprobación de las tensiones del terreno**

$$e = \frac{M}{N} = \frac{127'22}{371'76} = 0'34$$

Lo recomendable según el CTE:

$$e \leq \frac{a'}{6} = \frac{3'53}{6} = 0'59$$

Se cumple la comprobación recomendable por CTE:

$$e < \frac{a'}{6}; 0'34 < 0'59 \rightarrow \text{resultante dentro del tercio central}$$

$$\sigma_t = \frac{N}{a' \cdot b} \pm \frac{6 \cdot M}{a' \cdot b^2} \quad (12)$$

$$\sigma_{t1} = \frac{371'76 + 383'89}{3'53 \cdot 2'9} + \frac{6 \cdot 127'22}{3'53 \cdot 2'9^2} = 99'53 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{t2} = \frac{371'76 + 383'89}{3'53 \cdot 2'9} - \frac{6 \cdot 127'22}{3'53 \cdot 2'9^2} = 48'104 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Como $\sigma_{t2} > 0$, toda la sección está comprimida. Se tiene que cumplir que:

$$\frac{3 \cdot \sigma_{t1} + \sigma_{t2}}{4} \leq \sigma_{adm,t} \quad (13); \frac{3 \cdot 99'53 + 48'104}{4} = 86'67 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} < 200 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

→ Cumple la comprobación de las tensiones del terreno

2.6.2.1.2. Comprobaciones del EHE-08

Al tratarse de una zapata rígida, no es necesario realizar las comprobaciones a punzonamiento y a cortante.

➤ **Comprobación de tensiones**

$$\sigma_{k,med} \leq \sigma_{adm} \quad (14); \text{siendo } \sigma_{k,med} = \frac{N_k}{a \cdot b} = \frac{371'76 + 383'89}{2'9 \cdot 3'53} = 73'82 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$73'82 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} < 200 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \rightarrow \text{cumple la comprobación}$$

$$\sigma_{k,m\acute{a}x} \leq 1'25\sigma_{adm} \quad (15); \text{ siendo } \sigma_{k,m\acute{a}x} = \frac{N_k}{a \cdot b} \pm \frac{M_k}{\frac{a \cdot b^2}{6}} \geq 0$$

$$\sigma_{k,m\acute{a}x} = \frac{371'76 + 383'89}{3'53 \cdot 2'9} + \frac{6 \cdot 127'22}{3'53 \cdot 2'9^2} = 99'53 \frac{kN}{m^2}$$

$$99'53 \frac{kN}{m^2} < 1'25 \cdot 200 = 250 \frac{kN}{m^2} \rightarrow \text{cumple la comprobación}$$

➤ **Dimensionado mediante el modelo de bielas y tirantes**

Mediante este dimensionado se comprueba que la armadura dispuesta por Cype cumple las obligaciones establecidas por la EHE-08. Lo primero es comprobar a que caso pertenece la zapata.

$$N_d = 371'76 \cdot 1'5 = 557'64 \text{ kN}$$

$$M_d = 127'22 \cdot 1'5 = 190'83 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

El valor de cálculo de las tensiones:

$$\sigma_{d,m\acute{a}x} = \frac{557'64}{2'9 \cdot 3'53} + \frac{190'83 \cdot 6}{2'9 \cdot 3'53^2} = 86'16 \frac{kN}{m^2}$$

$$\sigma_{d,m\acute{i}n} = \frac{557'64}{2'9 \cdot 3'53} - \frac{190'83 \cdot 6}{2'9 \cdot 3'53^2} = 22'79 \frac{kN}{m^2}$$

Se determina el valor de las acciones:

$$N_1 = \frac{N_d}{2} - \frac{M_d}{\frac{c}{2}} = \frac{557'64}{2} - \frac{190'83}{\frac{0'7}{2}} = -266'41 \text{ kN}$$

$$N_2 = \frac{N_d}{2} + \frac{M_d}{\frac{c}{2}} = \frac{557'64}{2} + \frac{190'83}{\frac{0'7}{2}} = 824'05 \text{ kN}$$

Como $N_1 < 0$, la zapata se encuentra bajo el caso de soporte a flexión compuesta. El terreno bajo la zapata esta comprimido en su totalidad. Indicar que el valor de "c" es el ancho de la placa de anclaje, cuyo valor es de 700 mm.

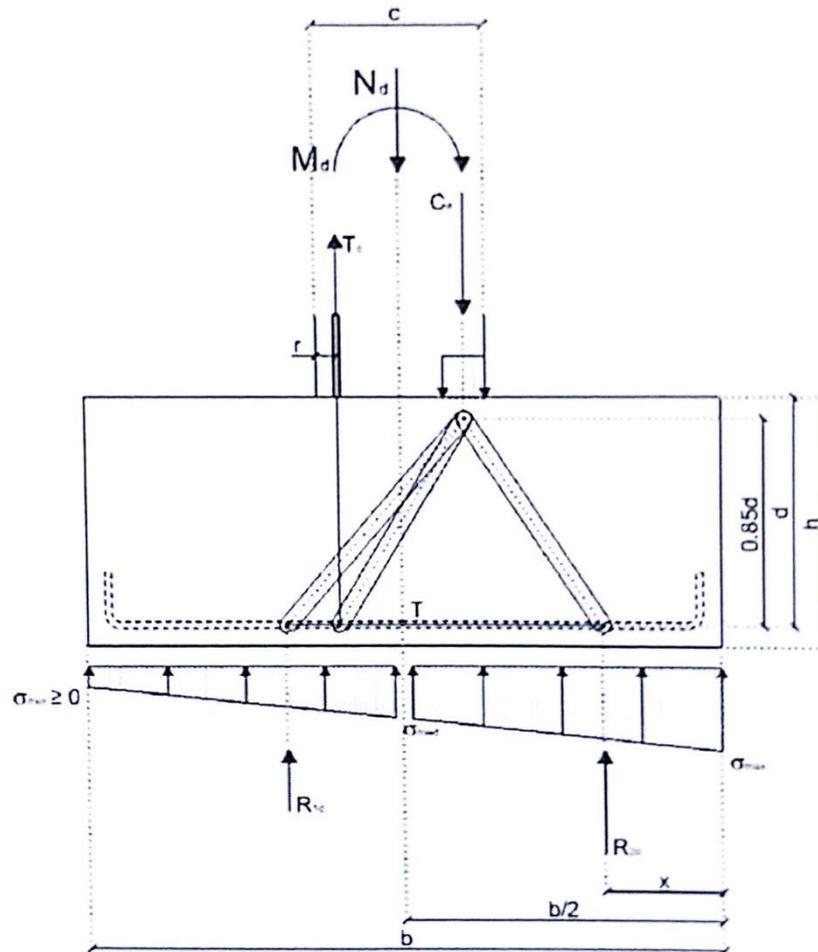


Figura 73. Caso: Soporte a flexión compuesta. Terreno bajo zapata comprimido en su totalidad. [10]

La ilustración 72 nos muestra el caso genérico cuando el soporte está a flexión compuesta. Hay que adaptar este caso al que tiene la zapata que se está comprobando. Se calcula el valor de la tensión media (σ_{med}).

$$\sigma_{med} = \sigma_{d,min} + \frac{(\sigma_{d,max} - \sigma_{d,min}) \cdot \frac{b}{2}}{a} = 22'79 + \frac{(86'16 - 22'79) \cdot \frac{3'53}{2}}{2'9}$$

$$\sigma_{med} = 61'36 \frac{kN}{m^2}$$

El siguiente paso es obtener el valor de las reacciones R_{1d} y R_{2d} . Para ello, se toma que su valor equivale a determinar el volumen de las presiones a partir del centro geométrico.

- **Reacción izquierda, R_{1d} :**

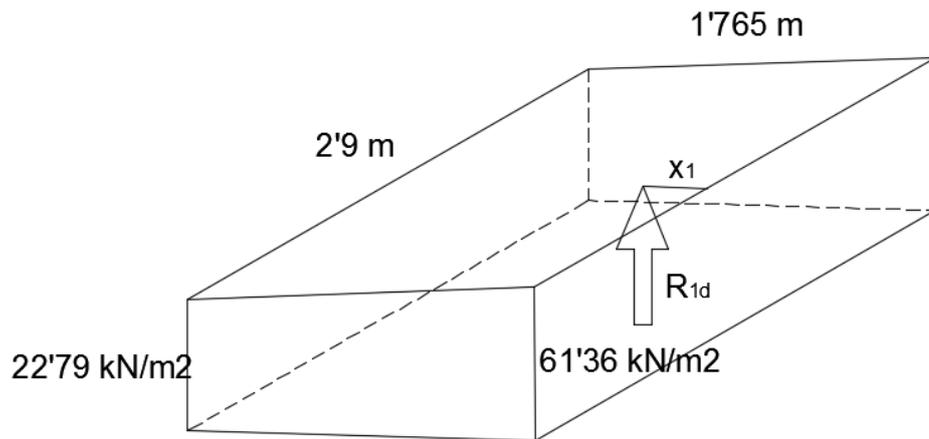


Figura 74. Volumen de presiones del lado izquierdo.

$$R_{1d} = \frac{22'79 + 61'36}{2} \cdot 1'765 \cdot 2'9 = 215'36 \text{ kN}$$

$$x_1 = \frac{61'36 + 2 \cdot 22'79}{61'36 + 22'79} \cdot \frac{1'765}{3} = 0'748 \text{ m}$$

- **Reacción derecha, R_{2d} :**

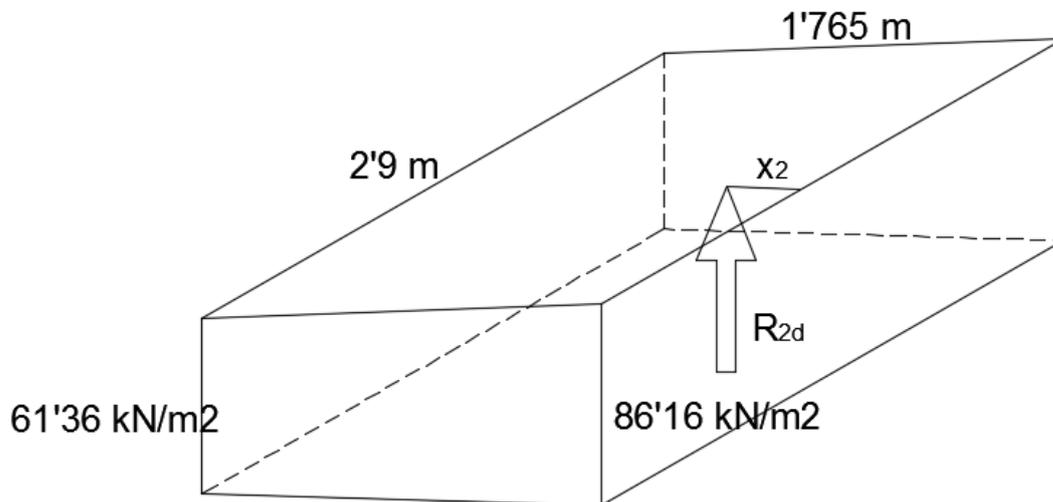


Figura 75. Volumen de presiones del lado derecho.

$$R_{2d} = \frac{61'36 + 86'16}{2} \cdot 1'765 \cdot 2'9 = 377'54 \text{ kN}$$

$$x_2 = \frac{86'16 + 2 \cdot 61'36}{86'16 + 61'36} \cdot \frac{1'765}{3} = 0'833 \text{ m}$$

Se considera que el recubrimiento es del 20% del canto total. Por lo que el valor del canto útil es:

$$d = h - d' = h - 0'2 \cdot h = 1'5 - 0'2 \cdot 1'5 = 1'2 \text{ m}$$

Para obtener el valor del esfuerzo de tracción que soporta la armadura inferior, es necesario analizar el sistema de bielas y tirantes del caso. Sin embargo, para este caso, no sería necesario hacerlo ya que se conoce una fórmula que nos da el valor de tracción de la armadura sin tener que analizar el sistema. La fórmula que utilizamos es la siguiente:

$$T_d = \frac{R_{2d}}{0'85 \cdot d} \cdot \left(\frac{b}{2} - x_2 - \frac{c}{4} \right) \quad (16)$$

$$T_d = \frac{377'54}{0'85 \cdot 1'2} \cdot \left(\frac{3'53}{2} - 0'833 - \frac{0'7}{4} \right) = 280'2 \text{ kN}$$

$$T_d = A_s \cdot f_{yd} \quad (17); A_s = \frac{T_d}{f_{yd}} = \frac{280'2}{\frac{50}{1'15}} = 6'44 \text{ cm}^2 \rightarrow 6\emptyset 12 (6'786 \text{ cm}^2)$$

Ahora se comprueba si esta armadura cumple la siguiente comprobación.

- **Comprobación de solicitación a flexión**

$$U_s > 0'04 \cdot U_c \quad (18)$$

$$U_s = A_s \cdot f_{yd} = 6'786 \cdot \frac{50}{1'15} = 295'04 \text{ kN}$$

$$U_c = f_{cd} \cdot b \cdot d = \frac{25}{1'5} \cdot 3530 \cdot 1200 = 70600000 \text{ N} = 70600 \text{ kN}$$

$$0'04 \cdot U_c = 0'04 \cdot 70600 = 2824 \text{ kN}$$

$$295'04 < 2824 \rightarrow \text{No se cumple la solicitación}$$

Por lo tanto la armadura que se ha cogido no es válida por lo que tenemos que coger otra armadura y comprobar si cumple la solicitación a flexión. Para ello se escoge un cierto número de redondos y de un cierto diámetro y de la tabla de capacidad mecánica para acero B 500 S, se obtiene el valor de la capacidad mecánica de la armadura.

$$\text{Armadura de } 14\emptyset 25 \rightarrow U_s = 2987'92 \text{ kN}$$

$$2987'92 > 2824 \rightarrow \text{Se cumple la solicitación}$$

$$\text{Separación entre barras: } s = \frac{(3530 - 2 \cdot 300)}{13} - 25 = 200 \text{ mm}$$

La armadura que se coloca es de 14 redondos de diámetro 25 mm separados cada 20 cm. Esta armadura es la armadura a lo largo del eje y. Mientras que a lo largo del eje x, se coloca una armadura con el mismo diámetro y la misma separación. Como la longitud de

“x” es menor que la de “y” el número de redondos será más reducido. Para obtener el número de redondos se hace lo siguiente:

$$N^{\circ} \text{ de huecos} = \frac{L_x - 2 \cdot d'}{s + 25} = \frac{2900 - 2 \cdot 300}{200 + 25} = 10'22 \text{ huecos} \approx 11 \text{ huecos}$$

$$N^{\circ} \text{ de redondos} = N^{\circ} \text{ de huecos} + 1 = 12 \text{ redondos}$$

Por lo que la armadura inferior a lo largo del eje x está formada por 12 redondos de diámetro 25 mm separados cada 20 cm.

Esta armadura inferior en ambos ejes se asemeja bastante a la que se ha calculado en Cype ya que en dicho programa la armadura inferior que hay en ambos ejes es:

- Armadura inferior a lo largo del eje y está formada por 14 redondos de diámetro 25 mm separados cada 25 cm.
- Armadura inferior a lo largo del eje x está formada por 11 redondos de diámetro 25 mm separados cada 25 cm.

2.6.2.2. Armadura superior

Los datos de partida que tenemos son:

- Dimensiones de la zapata: 290x353 cm
- Canto: 150 cm
- Acciones mínimas:
 - Axil (compresión): $N = 8'288 \text{ t} = 82'88 \text{ kN}$
 - Cortante: $V = -4'137 \text{ t} = -41'37 \text{ kN}$
 - Momento flector: $M = -31'941 \text{ t}\cdot\text{m} = -319'41 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- Hormigón HA-25/B/30/IIa
- Armaduras pasivas de acero B-500 S, con un límite elástico $\geq 500 \text{ MPa}$
- Placa de anclaje de 600x700x35 mm con 8 pernos de acero B-500 S, de diámetro 40 mm y con una longitud en forma de gancho a 180 grados de 80 cm.

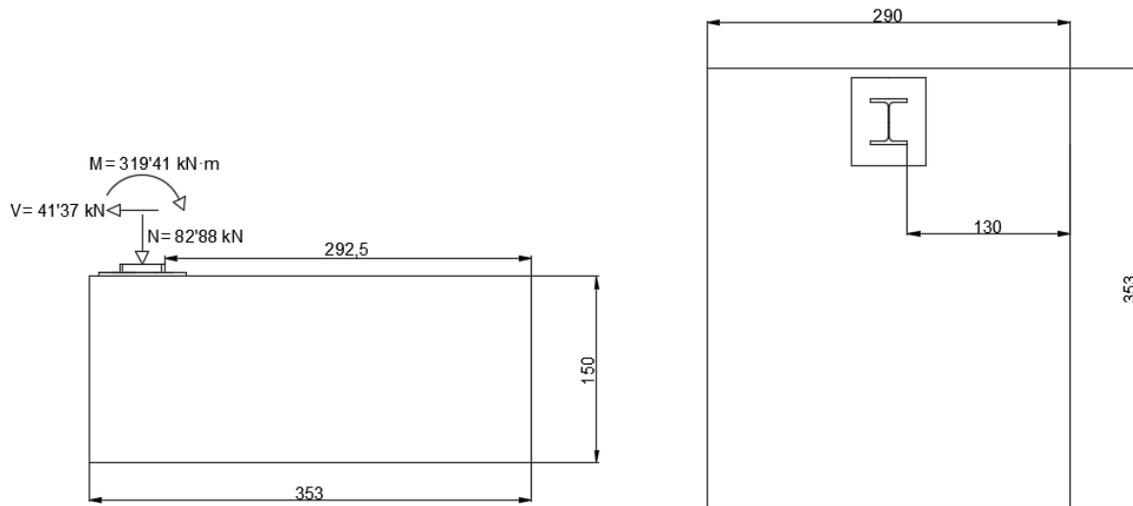


Figura 76. Hipótesis de acciones mínimas.

Se comprueba si se trata de una zapata rígida o una zapata flexible. Para ello, se realiza la siguiente comprobación:

$$\text{Si } v > 2h \rightarrow \text{Zapata flexible} \quad \text{Si } v \leq 2h \rightarrow \text{Zapata rígida} \quad (10)$$

$$v = 292'5 \text{ cm}; h = 150 \text{ cm}; 292'5 < 2 \cdot 150 = 300; \text{Zapata rígida}$$

Se calcula el peso de la zapata:

$$P_{zapata} = 3'53 \cdot 2'90 \cdot 1'5 \cdot 25 = 383'89 \text{ kN}$$

2.6.2.2.1. Comprobaciones del CTE

➤ Comprobación al vuelco

$$M_{estabilizador} > M_{desestabilizador} \quad (11)$$

$$M_{estabilizador} = 82'88 \cdot (2'975 + 0'18) \cdot 0'9 + 383'89 \cdot \frac{3'53}{2} \cdot 0'9 + 85'1 \cdot 1'5 \cdot 0'9$$

$$M_{estabilizador} = 960'03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{desestabilizador} = 319'41 \cdot 1'8 = 574'94 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$960'03 > 574'94 \rightarrow \text{Cumple la comprobación al vuelco}$$

➤ Comprobación de las tensiones del terreno

$$e = \frac{M}{N} = \frac{319'41}{82'88} = 3'854$$

Lo recomendable según el CTE:

$$e \leq \frac{a'}{6} = \frac{3'53}{6} = 0'59$$

No se cumple la comprobación recomendable por CTE:

$$e < \frac{a'}{6}; 3'854 > 0'59 \rightarrow \text{resultante fuera del tercio central}$$

Esto no indica que la respuesta del terreno pasa de trapecial a triangular

$$\sigma_t = \frac{2 \cdot N}{3 \cdot \left(\frac{a'}{2} - e\right) \cdot b} = \frac{2 \cdot (82'88 + 383'89)}{3 \cdot \left(\frac{3'53}{2} - 3'854\right) \cdot 2'9} = -51'37 \frac{kN}{m^2}$$

$$\sigma_t \leq 1'25 \sigma_{adm}; -51'37 \frac{kN}{m^2} < 1'25 \cdot 200 = 250 \frac{kN}{m^2}$$

\rightarrow Cumple la comprobación de las tensiones del terreno

2.6.2.2.2. Comprobaciones del EHE-08

Al tratarse de una zapata rígida, no es necesario realizar las comprobaciones a punzonamiento y a cortante.

➤ Comprobación de tensiones

$$\sigma_{k,med} \leq \sigma_{adm}; \text{siendo } \sigma_{k,med} = \frac{N_k}{a \cdot b} = \frac{82'88 + 383'89}{2'9 \cdot 3'53} = 45'6 \frac{kN}{m^2}$$

$$45'6 \frac{kN}{m^2} < 200 \frac{kN}{m^2} \rightarrow \text{cumple la comprobación}$$

$$\sigma_{k,máx} \leq 1'25 \sigma_{adm}; \text{siendo } \sigma_{k,máx} = \frac{N_k}{a \cdot b} \pm \frac{M_k}{\frac{a \cdot b^2}{6}} \geq 0$$

$$\sigma_{k,máx} = \frac{82'88 + 383'89}{3'53 \cdot 2'9} - \frac{6 \cdot (-319'41)}{3'53 \cdot 2'9^2} = 110'15 \frac{kN}{m^2}$$

$$110'15 \frac{kN}{m^2} < 1'25 \cdot 200 = 250 \frac{kN}{m^2} \rightarrow \text{cumple la comprobación}$$

➤ Dimensionado mediante el modelo de bielas y tirantes

Mediante este dimensionado se comprueba que la armadura dispuesta por Cype cumple las obligaciones establecidas por la EHE-08. Lo primero es comprobar a que caso pertenece la zapata.

$$N_d = 82'88 \cdot 1'5 = 124'32 \text{ kN}$$

$$M_d = (-319'41) \cdot 1'5 = -479'12 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

El valor de cálculo de las tensiones:

$$\sigma_{d,min} = \frac{124'32}{2'9 \cdot 3'53} + \frac{(-479'12) \cdot 6}{2'9 \cdot 3'53^2} = -67'41 \frac{kN}{m^2}$$

$$\sigma_{d,m\acute{a}x} = \frac{124'32}{2'9 \cdot 3'53} - \frac{(-479'12) \cdot 6}{2'9 \cdot 3'53^2} = 91'7 \frac{kN}{m^2}$$

Como $\sigma_{d,\min} < 0$ significa que terreno bajo la zapata está parcialmente comprimido. Por lo tanto, el caso para esta zapata es el caso de soporte a flexión compuesta con terreno bajo zapata comprimido parcialmente. Sin embargo, estos casos son para calcular las armaduras inferiores de las zapatas pero se quiere obtener la superior. Lo que se hace en este caso es coger el caso e invertirlo por lo que el valor que el valor de tracción que se obtiene es el valor para la armadura superior.

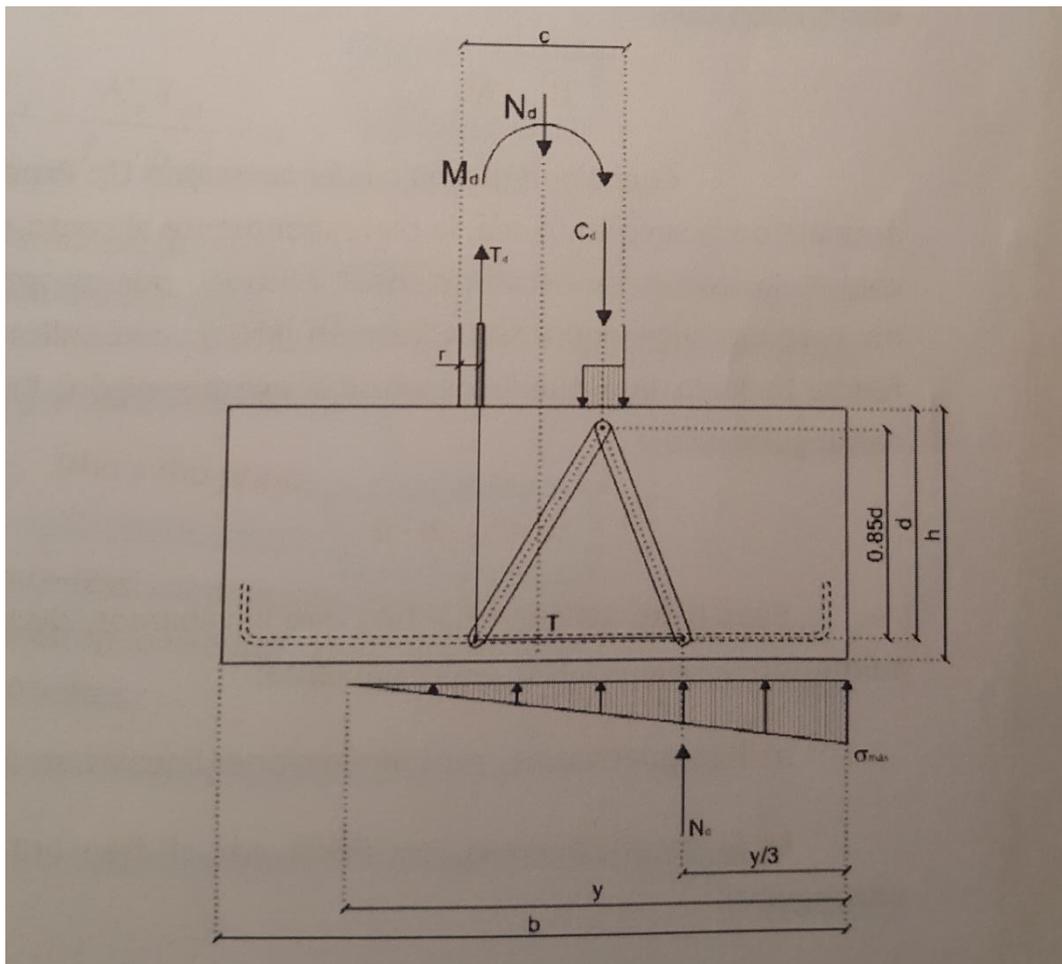


Figura 77. Caso: Soporte a flexión compuesta. Terreno bajo zapata comprimido parcialmente. [10]

La ilustración 76 nos muestra el caso genérico cuando el soporte está a flexión compuesta. Hay que adaptar este caso al que tiene la zapata que se está comprobando. Lo primero es obtener la distancia a la que la tensión se hace 0 (y).

$$\frac{67'41}{3'53 - y} = \frac{91'7}{y}; 67'41 \cdot y = 323'701 - 91'7 \cdot y$$

$$159'11 \cdot y = 323'701; y = \frac{323'701}{159'11} = 2'03 \text{ m}$$

$$\text{Carga aplicada } (N_d): \frac{y}{3} = 0'68 \text{ m}$$

Se considera un recubrimiento del 10% del canto total, por lo que el valor del canto útil es:

$$d = h - d' = h - 0'1 \cdot h = 1'5 - 0'1 \cdot 1'5 = 1'35 \text{ m}$$

Se sabe por el caso de la armadura inferior que “c” es el ancho de la placa de anclaje (700 mm). La distancia que hay entre el esfuerzo T_d y el esfuerzo C_d es igual a la distancia que hay entre los pernos extremos del ancho de la placa de anclaje. Esta distancia es de 580 mm. Por lo tanto el valor de “r” es de 60 mm.

Lo siguiente es analizar el sistema de bielas y manivelas para obtener los ángulos necesarios para calcular el valor del esfuerzo a tracción al que está sometida la armadura superior.

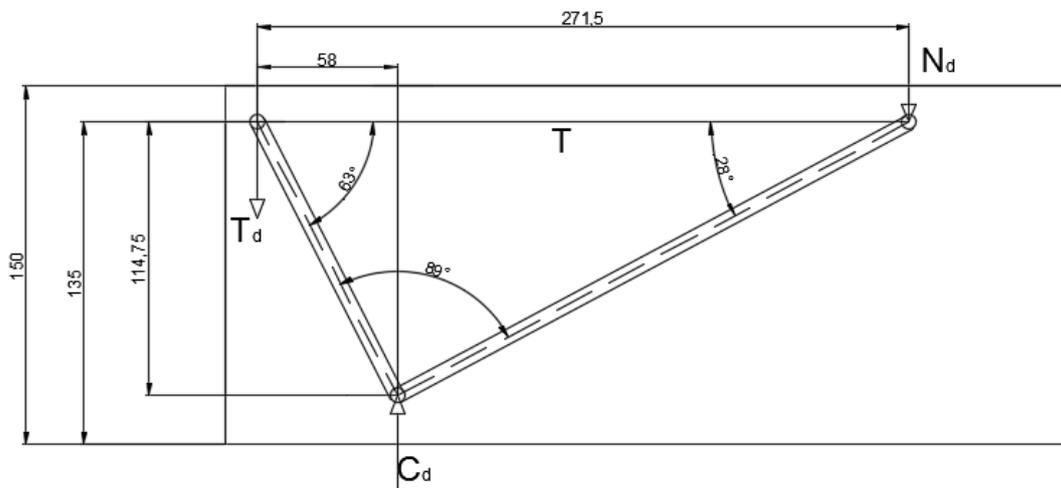
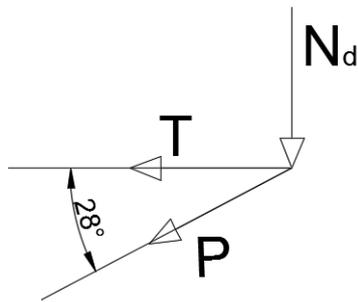


Figura 78. Sistema de bielas y manivelas.

Se analiza el nudo donde está aplicado el esfuerzo N_d y se obtiene el valor de T .



$$\sum F_V = 0; P = \frac{-N_d}{\sin 28^\circ} = \frac{-124'32}{\sin 28^\circ}$$

$$P = -264'81 \text{ kN}$$

$$\sum F_H = 0; T = -P \cdot \cos 26^\circ$$

$$T = 264'81 \cdot \cos 28^\circ = 233'81 \text{ kN}$$

Figura 79. Nudo sobre el que está aplicado N_d .

$$T = A_s \cdot f_{yd} \quad (19); A_s = \frac{T}{f_{yd}} = \frac{233'81}{\frac{50}{1'15}} = 5'38 \text{ cm}^2 \rightarrow 5\emptyset 12 \text{ (} A = 5'655 \text{ cm}^2 \text{)}$$

Ahora se comprueba si esta armadura cumple la siguiente comprobación.

- **Comprobación de sollicitación a flexión**

$$U_s > 0'04 \cdot U_c \quad (18)$$

$$U_s = A_s \cdot f_{yd} = 5'655 \cdot \frac{50}{1'15} = 245'87 \text{ kN}$$

$$U_c = f_{cd} \cdot b \cdot d = \frac{25}{1'5} \cdot 3530 \cdot 1200 = 70600000 \text{ N} = 70600 \text{ kN}$$

$$0'04 \cdot U_c = 0'04 \cdot 70600 = 2824 \text{ kN}$$

$$245'87 < 2824 \rightarrow \text{No se cumple la sollicitación}$$

Por lo tanto la armadura que se ha cogido no es válida por lo que tenemos que coger otra armadura y comprobar si cumple la sollicitación a flexión. Para ello se escoge un cierto número de redondos y de un cierto diámetro y de la tabla de capacidad mecánica para acero B 500 S, se obtiene el valor de la capacidad mecánica de la armadura.

$$\text{Armadura de } 14\emptyset 25 \rightarrow U_s = 2987'92 \text{ kN}$$

$$2987'92 > 2824 \rightarrow \text{Se cumple la sollicitación}$$

$$\text{Separación entre barras: } s = \frac{(3530 - 2 \cdot 300)}{13} - 25 = 200 \text{ mm}$$

La armadura que se coloca es de 14 redondos de diámetro 25 mm separados cada 20 cm. Esta armadura es la armadura a lo largo del eje y . Mientras que a lo largo del eje x , se coloca una armadura con el mismo diámetro y la misma separación. Como la longitud de "x" es menor que la de "y" el número de redondos será más reducido. Para obtener el número de redondos se hace lo siguiente:

$$N^{\circ} \text{ de huecos} = \frac{L_x - 2 \cdot d'}{s + 25} = \frac{2900 - 2 \cdot 300}{200 + 25} = 10'22 \text{ huecos} \approx 11 \text{ huecos}$$

$$N^{\circ} \text{ de redondos} = N^{\circ} \text{ de huecos} + 1 = 12 \text{ redondos}$$

Por lo que la armadura superior a lo largo del eje x está formada por 12 redondos de diámetro 25 mm separados cada 20 cm.

Esta armadura superior en ambos ejes se asemeja bastante a la que se ha calculado en Cype ya que en dicho programa la armadura superior que hay en ambos ejes es:

- Armadura superior a lo largo del eje y está formada por 14 redondos de diámetro 25 mm separados cada 25 cm.
- Armadura superior a lo largo del eje x está formada por 11 redondos de diámetro 25 separados cada 25 cm.

2.6.2.3. Longitud de anclaje de barras corrugadas

Tanto el armado superior como el inferior se disponen en toda la longitud de la zapata y se anclará verticalmente con la siguiente longitud:

$$l_{bl} = m \cdot \phi^2 \geq \left(\frac{f_{yk}}{20} \right) \cdot \phi \quad (20)$$

Dónde:

- ϕ : diámetro de la barra, en mm.
- m: coeficiente numérico en función del tipo de acero. Podemos ver los valores en la siguiente tabla.

Resistencia característica del hormigón (N/mm ²)	m	
	B 400 S B400SD	B 500 S B 500SD
25	1,2	1,5
30	1,0	1,3
35	0,9	1,2
40	0,8	1,1
45	0,7	1,0
≥50	0,7	1,0

Tabla 21. Tabla con valores del coeficiente m. [10]

- f_{yk} : límite elástico garantizado del acero, en N/mm².
- L_{bl} : longitud básica de anclaje en posición I, en mm.

$$l_{bl} = 1'5 \cdot 25^2 = 937'5 \text{ mm} \geq \left(\frac{500}{20}\right) \cdot 25 = 625 \text{ mm}$$

Puede reducirse un 30% de la longitud al tener barras transversales soldadas: $\beta=0'7$. Este valor se obtiene de la siguiente tabla:

Tipo de anclaje	Tracción	Compresión
Prolongación recta	- 1	1
Patilla, gancho y gancho en U	0,7 (*)	1
Barra transversal soldada	0,7	0,7

Tabla 22. Tabla con los valores del coeficiente β . [10]

$$L_{b,neto} = l_{bl} \cdot \beta \cdot \frac{A_s}{A_{s,real}} = 937'5 \cdot 0'7 \cdot 1 = 656'25 \text{ mm}$$

Este valor de longitud de anclaje neto no puede ser inferior a ninguno de los siguientes casos:

- $10 \cdot \phi = 10 \cdot 25 = 250 \text{ mm}$
- 150 mm
- $1/3 \text{ de } l_b = 1/3 \cdot 1009'06 = 336'35 \text{ mm}$

$$l_b = \frac{\phi \cdot f_{yd}}{4 \cdot \tau_{bd}} = \frac{25 \cdot \frac{500}{1'15}}{4 \cdot 2'693} = 1009'06 \text{ mm}$$

Dónde:

$$\tau_{bd} = 2'5 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ct,d} = 2'5 \cdot 1'197 = 2'693 \frac{N}{mm^2}$$

$$\eta_1 = 1 \text{ (buena adherencia)}$$

$$\eta_2 = 1 \text{ } (\phi \leq 32)$$

$$f_{ct,d} = \frac{f_{ct,k}}{\gamma_c} = \frac{1'795}{1'5} = 1'197 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{ct,k} = 0'7 \cdot f_{ct,m} = 0'7 \cdot 2'565 = 1'795 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{ct,m} = 0'3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 0'3 \cdot 25^{2/3} = 2'565 \frac{N}{mm^2}$$

En Cype la longitud de anclaje que se ha dispuesto para toda la armadura es de 440 mm, la cual se puede utilizar ya que este valor es superior a los 3 valores de los casos límite mencionados anteriormente.

2.6.2.4. Placa de anclaje

2.6.2.4.1. Hipótesis con valores mínimos de Cype

La placa de anclaje está sometida a flexocompresión. Los datos básicos son:

- Axil característico: $N_k = 82'88 \text{ kN}$
- Momento característico: $M_k = 319'41 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- Perfil metálico del soporte: HEB 360

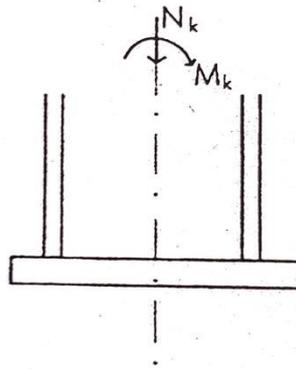


Figura 80. Representación del axil y el momento. [11]

Lo primero es determinar las dimensiones de la placa ($A \times B$). La distancia del borde de la placa al borde del perfil debe ser al menos de 10 cm.

➤ Dimensiones de la placa

$$A \geq a + 20 = 30 + 20 = 50 \text{ cm}$$

$$B \geq a + 20 = 36 + 20 = 56 \text{ cm}$$

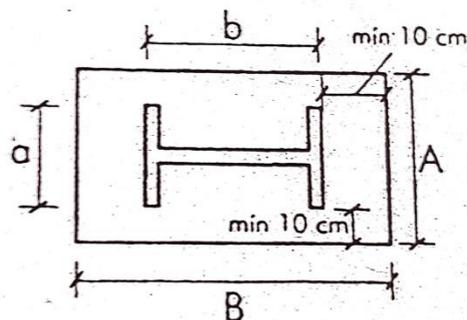


Figura 81. Representación de las dimensiones de la placa de anclaje. [11]

A continuación, se calcula el valor de diámetro de los pernos.

➤ Tracción de cálculo en los pernos (T_d)

La distribución se supone de manera que un cuarto de la placa se encuentra comprimido contra la zapata. Los pernos opuestos están traccionados y se desprecia la contribución de los pernos comprimidos. Se toman momentos con respecto al punto P (centro del volumen de compresiones) de la siguiente ilustración:

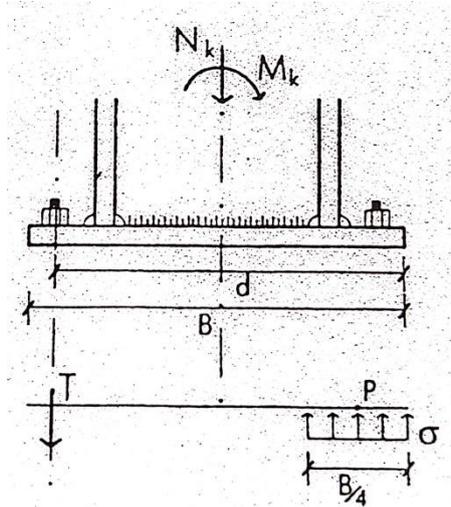


Figura 82. Representación de esfuerzos y momentos para calcular los pernos. [11]

$$T_d = 1'5 \cdot \frac{8 \cdot \left(\frac{e}{B}\right) - 3}{8 \cdot \left(\frac{d}{B}\right) - 1} \cdot N_k; \text{ siendo } e = \frac{M_k}{N_k} = \frac{319'41}{82'88} = 3'854 \text{ m} = 385'4 \text{ cm}$$

El valor de "d" se desconoce, por lo que tomamos un valor arbitrario que es de 500 mm, ya que consideramos que la distancia desde el extremos de la placa al perno sometido a tracción es de 60 mm.

$$T_d = 1'5 \cdot \frac{8 \cdot \left(\frac{385'4}{56}\right) - 3}{8 \cdot \left(\frac{50}{56}\right) - 1} \cdot 82'88 = 1053'54 \text{ kN}$$

➤ Área de los pernos (Ω)

$$\Omega = \frac{T_d}{f_{yd}} [x1000]$$

Dónde:

- Ω : Suma del área de todos los pernos de un lado (cm^2) [en el otro lado se pondrán los mismos tornillos].
- f_{yd} : límite elástico para el acero de los pernos que es de B 500 S.

$$\Omega = \frac{1053540}{\frac{500}{1'15}} = 2423'142 \text{ mm}^2 = 24'23 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\emptyset 40 (A = 25'132 \text{ cm}^2)$$

Sin embargo, este valor de área de 2 redondos de 40 mm de diámetro es muy justo comparado con el que se ha calculado por lo que se puede colocar 3 redondos de 40 mm de diámetro, cuya área vale 37'698 cm^2 .

➤ **Comprobación de las dimensiones de la placa**

$$\frac{4 \cdot (N_d + T_d)}{AB} \leq 0'85 f_{cd}$$

Dónde:

- $N_d = 1'5 \cdot N_k = 1'5 \cdot 82'88 = 124'32 \text{ kN} = 124320 \text{ N}$

- $f_{cd} = f_{ck} / 1'5 = 500 / 1'5 = 434'783 \text{ N/mm}^2$

$$\frac{4 \cdot (124320 + 1053540)}{500 \cdot 560} = 16'83 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 0'85 \cdot 434'783 = 369'57 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

→ *Cumple la comprobación de las dimensiones*

➤ **Espesor de la placa (e)**

$$e = \frac{v}{2'5} = \frac{\left(\frac{56}{2} - \frac{36}{2}\right)}{2'5} = 4 \text{ cm} = 40 \text{ mm}$$

2.6.2.4.2. Hipótesis con valores máximos de Cype

La placa de anclaje está sometida a flexocompresión. Los datos básicos son:

- Axil característico: $N_k = 371'76 \text{ kN}$
- Momento característico: $M_k = 127'22 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- Perfil metálico del soporte: HEB 360

Lo primero es determinar las dimensiones de la placa (AxB). La distancia del borde de la placa al borde del perfil debe ser al menos de 10 cm.

➤ **Dimensiones de la placa**

$$A \geq a + 20 = 30 + 20 = 50 \text{ cm}$$

$$B \geq a + 20 = 36 + 20 = 56 \text{ cm}$$

A continuación, se calcula el valor de diámetro de los pernos.

➤ **Tracción de cálculo en los pernos (T_d)**

La distribución se supone de manera que un cuarto de la placa se encuentra comprimido contra la zapata. Los pernos opuestos están traccionados y se desprecia la contribución de los pernos comprimidos. Se toman momentos con respecto al punto P (centro del volumen de compresiones), el cual está representado en la ilustración 81.

$$T_d = 1'5 \cdot \frac{8 \cdot \left(\frac{e}{B}\right) - 3}{8 \cdot \left(\frac{d}{B}\right) - 1} \cdot N_k \quad (21); \text{ siendo } e = \frac{M_k}{N_k} = \frac{127'22}{371'76} = 0'34 \text{ m} = 34 \text{ cm}$$

El valor de "d" se desconoce, por lo que tomamos un valor arbitrario que es de 500 mm, ya que consideramos que la distancia desde el extremos de la placa al perno sometido a tracción es de 60 mm.

$$T_d = 1'5 \cdot \frac{8 \cdot \left(\frac{34}{56}\right) - 3}{8 \cdot \left(\frac{50}{56}\right) - 1} \cdot 371'76 = 168'589 \text{ kN}$$

➤ **Área de los pernos (Ω)**

$$\Omega = \frac{T_d}{f_{yd}} [x1000] \quad (22)$$

Dónde:

- Ω : Suma del área de todos los pernos de un lado (cm^2) [en el otro lado se pondrán los mismos tornillos].
- f_{yd} : límite elástico para el acero de los pernos que es de B 500 S.

$$\Omega = \frac{168589}{\frac{500}{1'15}} = 387'754 \text{ mm}^2 = 3'88 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\emptyset 16 (4'022 \text{ cm}^2)$$

➤ **Comprobación de las dimensiones de la placa**

$$\frac{4 \cdot (N_d + T_d)}{AB} \leq 0'85 f_{cd} \quad (23)$$

Dónde:

- $N_d = 1'5 \cdot N_k = 1'5 \cdot 371'76 = 557'64 \text{ kN} = 557640 \text{ N}$
- $f_{cd} = f_{ck} / 1'15 = 500 / 1'15 = 434'783 \text{ N/mm}^2$

$$\frac{4 \cdot (557640 + 168589)}{500 \cdot 560} = 10'37 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 0'85 \cdot 434'783 = 369'57 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

→ Cumple la comprobación de las dimensiones

➤ **Espesor de la placa (e)**

$$e = \frac{v}{2'5} = \frac{\left(\frac{56}{2} - \frac{36}{2}\right)}{2'5} = 4 \text{ cm} = 40 \text{ mm}$$

Teniendo en cuenta las dos hipótesis estudiadas, las dimensiones de la placa son 500x560x40 mm colocando 3 pernos de 40 mm de diámetro en cada lado. Mientras que en Cype, las dimensiones que se tienen de la placa de anclaje son 600x700x40 con 3 pernos de 40 mm de diámetro en cada lado.

El programa Cype coloca rigidizadores que ayuden a la placa de anclaje dimensionada por este programa. Las dimensiones de estos rigidizadores no se obtienen de forma analítica y se toman las dimensiones que aporta el programa Cype.

Indicar que las placas de anclaje que se utilizan son las dimensionadas por el programa Cype, ya que este programa nos aporta placas óptimas para cada tipo de pilar que se encuentra en la nave.

2.5.2.4.3. Longitud de anclaje de los pernos

$$l_{bl} = m \cdot \phi^2 \geq \left(\frac{f_{yk}}{20}\right) \cdot \phi \quad (20)$$

Dónde:

- ϕ : diámetro de la barra, en mm.
- m: coeficiente numérico en función del tipo de acero. Podemos ver los valores en la tabla 21.
- f_{yk} : límite elástico garantizado del acero, en N/mm^2 .
- L_{bl} : longitud básica de anclaje en posición I, en mm.

$$l_{bl} = 1'5 \cdot 40^2 = 2400 \text{ mm} \geq \left(\frac{500}{20}\right) \cdot 40 = 1000 \text{ mm}$$

Puede reducirse un 30% de la longitud al tener los pernos en forma de gancho: $\beta=0'7$. Los valores de β están en la tabla 22.

$$L_{b,neto} = l_{bl} \cdot \beta \cdot \frac{A_s}{A_{s,real}} = 2400 \cdot 0'7 \cdot 1 = 1680 \text{ mm}$$

Este valor de longitud de anclaje neta no puede ser inferior a ninguno de los siguientes casos:

- $10 \cdot \phi = 10 \cdot 40 = 400 \text{ mm}$
- 150 mm
- $1/3$ de $l_b = 1/3 \cdot 1614'49 = 538'164 \text{ mm}$

$$l_b = \frac{\phi \cdot f_{yd}}{4 \cdot \tau_{bd}} = \frac{40 \cdot \frac{500}{1'15}}{4 \cdot 2'693} = 1614'49 \text{ mm}$$

Dónde:

$$\tau_{bd} = 2'5 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ct,d} = 2'5 \cdot 1'197 = 2'693 \frac{N}{mm^2}$$

$$\eta_1 = 1 \text{ (buena adherencia)}$$

$$\eta_2 = 1 (\phi \leq 32)$$

$$f_{ct,d} = \frac{f_{ct,k}}{\gamma_c} = \frac{1'795}{1'5} = 1'197 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{ct,k} = 0'7 \cdot f_{ct,m} = 0'7 \cdot 2'565 = 1'795 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{ct,m} = 0'3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 0'3 \cdot 25^{2/3} = 2'565 \frac{N}{mm^2}$$

En Cype, la longitud de anclaje que se ha dispuesto para todos los pernos es de 800 mm, la cual se puede utilizar ya que este valor es superior a los 3 valores de los casos límite mencionados anteriormente.

2.7 Cálculo de las uniones soldadas

En este punto se calcula las diferentes uniones soldadas del pórtico. Las uniones que se calculan son la unión entre el pilar y la placa de anclaje, la unión entre el pilar y el dintel y la unión entre los dinteles. Todas las uniones mencionadas se realizan con soldaduras añadiendo rigidizadores o chapas de refuerzo en los casos que sean necesarios.

2.7.1 Unión Placa- Pilar HEB 360

En esta unión se añaden dos rigidizadores. La unión se realiza mediante 3 cordones. El primero es el cordón que une el alma del pilar a la placa de anclaje. El segundo cordón une la parte media de cada rigidizador, que se corresponde con el canto del perfil del pilar, con la placa de anclaje. Y el tercer cordón une las alas y los extremos de los rigidizadores a la placa de anclaje. Cada cordón se estudia de forma independiente y con su propia hipótesis.

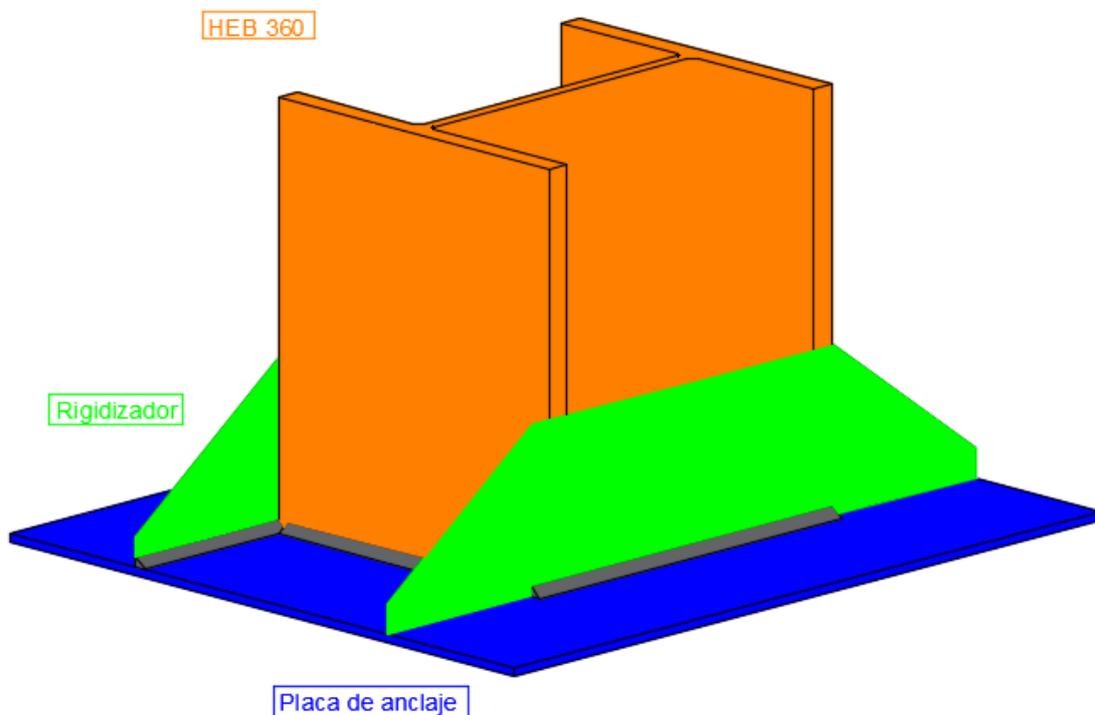


Figura 83. Unión placa de anclaje-pilar HEB 360.

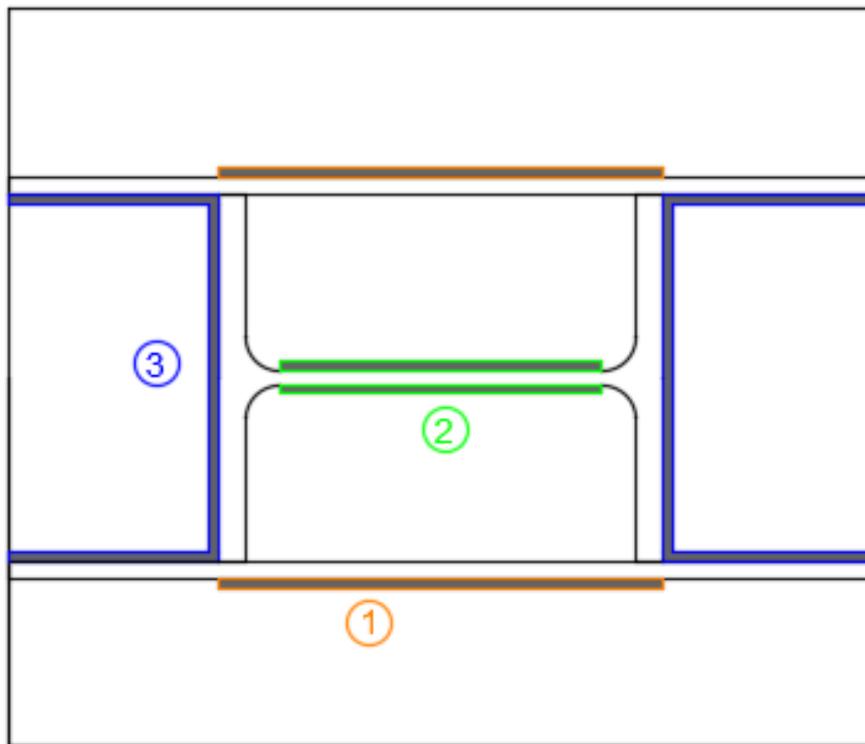


Figura 84. Situación de los cordones a estudiar en la unión placa-pilar HEB 360.

Tanto la placa como el pilar son de acero S-275, el cual aporta los siguientes datos:

Acero	f_u (N/mm ²)	β_w
S 235	360	0,80
S 275	430	0,85
S 355	510	0,90

Tabla 23. Coeficiente de correlación β_w . [12]

Los rigidizadores colocados tienen las siguientes dimensiones:

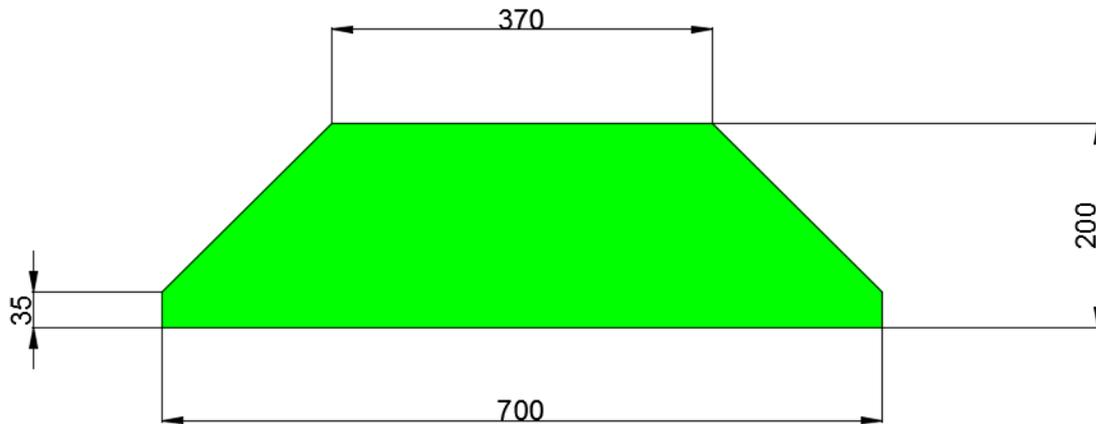


Figura 85. Dimensiones en mm de los rigidizadores.

Los esfuerzos y momentos aplicados sobre esta unión son un esfuerzo cortante en dirección del eje "z" y un momento flector en el eje "y".

$$V_z = 5'427 \text{ t} = 54'27 \text{ kN} \quad M_y = -29'049 \text{ t} \cdot \text{m} = -290'49 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Cordon 1: sometido a un esfuerzo P en la dirección del cordón. Para obtener el espesor de garganta del cordón, se utiliza la siguiente tabla que aporta los valores máximos y mínimos de garganta en función del mínimo espesor de los elementos que se unen.

Espesor de la pieza mm	Garganta a	
	Valor máximo mm	Valor mínimo mm
4.0 - 4.2	2.5	2.5
4.3 - 4.9	3.0	2.5
5.0 - 5.8	3.5	2.5
5.7 - 6.3	4.0	2.5
6.4 - 7.0	4.5	2.5
7.1 - 7.7	5.0	3.0
7.8 - 8.4	5.5	3.0
8.5 - 9.1	6.0	3.5
9.2 - 9.9	6.5	3.5
10.0-10.8	7.0	4.0
10.7-11.3	7.5	4.0
11.4-12.0	8.0	4.0
12.1-12.7	8.5	4.5
12.8-13.4	9.0	4.5
13.5-14.1	9.5	5.0
14.2-15.5	10.0	5.0
15.6-16.9	11.0	5.5
17.0-18.3	12.0	5.5
18.4-19.7	13.0	6.0
19.8-21.2	14.0	6.0
21.3-22.6	15.0	6.5
22.7-24.0	16.0	6.5
24.1-25.4	17.0	7.0
25.5-26.8	18.0	7.0
26.9-28.2	19.0	7.5
28.3-31.1	20.0	7.5
31.2-33.9	22.0	8.0
34.0-36.0	24.0	8.0

Tabla 24. Valores máximos y mínimos de garganta. [12]

espesor mínimo $\rightarrow e = 14 \text{ mm} \rightarrow a_{m\acute{a}x} = 9'5 \text{ mm}; a_{m\acute{i}n} = 5 \text{ mm}$

$a = 8 \text{ mm}$ $l_{\text{cordón}} = \text{canto del pilar} = 360 \text{ mm}$

$$V_z = 2 \cdot P \rightarrow P = \frac{V_z}{2} = \frac{54'27}{2} = 27'14 \text{ kN}$$

$$P \text{ en direcci3n del cord3n} \rightarrow \tau_I = \frac{P}{a \cdot l} = \frac{27'14 \cdot 10^3}{8 \cdot 360} = 9'42 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{co} = \sqrt{\sigma_I^2 + 3 \cdot (\tau_I^2 + \tau_{II}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma M_2}$$

$$\sigma_{co} = \sqrt{0^2 + 3 \cdot (9'42^2 + 0^2)} = 16'32 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma M_2} = \frac{430}{0'85 \cdot 1'25} = 404'71 \text{ MPa}$$

$$16'32 \text{ MPa} < 404'71 \text{ MPa} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Cord3n 2: sometido a un esfuerzo P en la direcci3n del cord3n. Para obtener los espesores de garganta se usa la tabla 24.

espesor m3nimo $\rightarrow e = 12'5 \text{ mm} \rightarrow a_{m\acute{a}x} = 8'5 \text{ mm}; a_{m\acute{i}n} = 4'5 \text{ mm}$

$a = 7 \text{ mm}$ $l_{\text{cord3n}} = \text{longitud del alma} = 261 \text{ mm}$

$$V_z = 2 \cdot P' \rightarrow P' = \frac{V_z}{2} = \frac{54'27}{2} = 27'14 \text{ kN}$$

$$P \text{ en dirección del cordón} \rightarrow \tau_I = \frac{P'}{a \cdot l} = \frac{27'14 \cdot 10^3}{7 \cdot 261} = 14'85 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{co} = \sqrt{\sigma_I^2 + 3 \cdot (\tau_I^2 + \tau_{II}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma M_2}$$

$$\sigma_{co} = \sqrt{0^2 + 3 \cdot (14'85^2 + 0^2)} = 25'73 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma M_2} = \frac{430}{0'85 \cdot 1'25} = 404'71 \text{ MPa}$$

$$25'73 \text{ MPa} < 404'71 \text{ MPa} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Cordón 3: este cordón está sometido al momento flector del eje “y”. Esto provoca, que el cordón de cada ala, debe soportar una fuerza que forman un momento que contrarresta el momento flector. Hay que calcular el centro de gravedad del cordón para saber dónde van aplicadas las fuerzas y saber la distancia que hay entre ellas. El valor del espesor de garganta se obtiene de la tabla 24.

$$\text{espesor mínimo} \rightarrow e = 14 \text{ mm} \rightarrow a_{m\acute{a}x} = 9'5 \text{ mm}; a_{m\acute{i}n} = 5 \text{ mm}$$

$$a = 8 \text{ mm} \quad M_y = P'' \cdot x$$

$$y' = \frac{A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 + A_3 \cdot y_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$$y' = \frac{2 \cdot 11'31 \cdot 170 \cdot 85 + 11'31 \cdot 277'38 \cdot 5'66}{2 \cdot 11'31 \cdot 170 + 11'31 \cdot 277'38} = 63'64 \text{ mm}$$

$$x = 360 + 2 \cdot y' = 360 + 2 \cdot 63'64 = 487'28 \text{ mm} \approx 0'49 \text{ m}$$

$$l_{\text{cordón}} = 2 \cdot 170 + 277'13 = 617'38 \text{ mm} \quad P'' = \frac{290'49}{0'49} = 592'84 \text{ kN}$$

$$P \text{ perpendicular al cordón} \rightarrow \tau_{II} = \sigma_I = \frac{2 \cdot P''}{\sqrt{2} \cdot a \cdot l}$$

$$\tau_{II} = \sigma_I = \frac{2 \cdot 592'84 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 8 \cdot 617'38} = 169'75 \text{ kN}$$

$$\sigma_{co} = \sqrt{\sigma_I^2 + 3 \cdot (\tau_I^2 + \tau_{II}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma M_2}$$

$$\sigma_{co} = \sqrt{169'75^2 + 3 \cdot (0^2 + 169'75^2)} = 339'5 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma M_2} = \frac{430}{0'85 \cdot 1'25} = 404'71 \text{ MPa}$$

$$339'5 \text{ MPa} < 404'71 \text{ MPa} \rightarrow \text{Cumple}$$

2.7.2 Unión Pilar HEB 360- Dintel HEB 400

La unión que se calcula es la unión del dintel al pilar. La unión que hay del pilar al dintel no hace falta calcularla ya que tanto los espesores de garganta como las longitudes

de cordones son las misma que se obtienen en la unión que se calcula a continuación. En esta unión hay que diferenciar 2 cordones diferentes. Por un lado, está el cordón que une el alma del dintel al pilar, mientras que, por otro lado, está el cordón que une las alas del dintel al pilar.

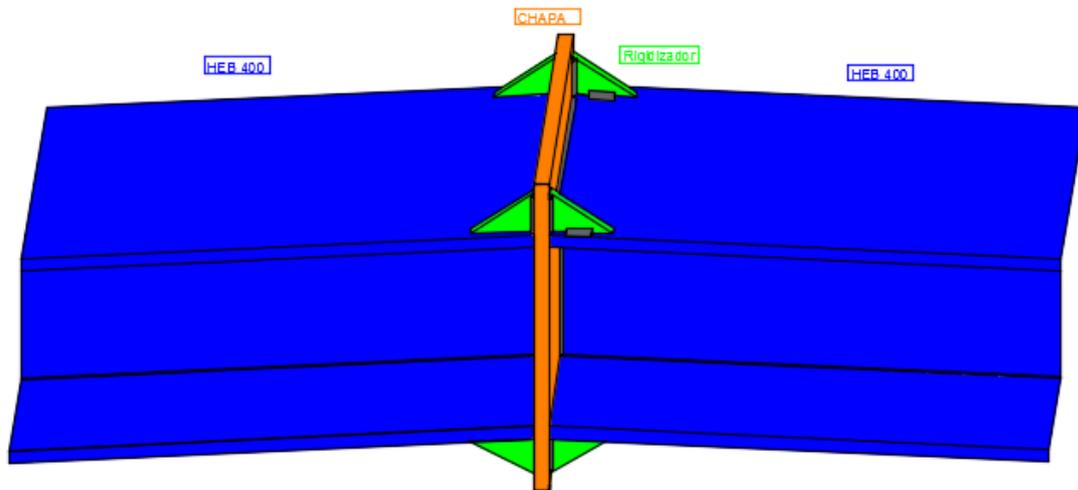


Figura 86. Unión dintel HEB 400-dintel HEB 400.

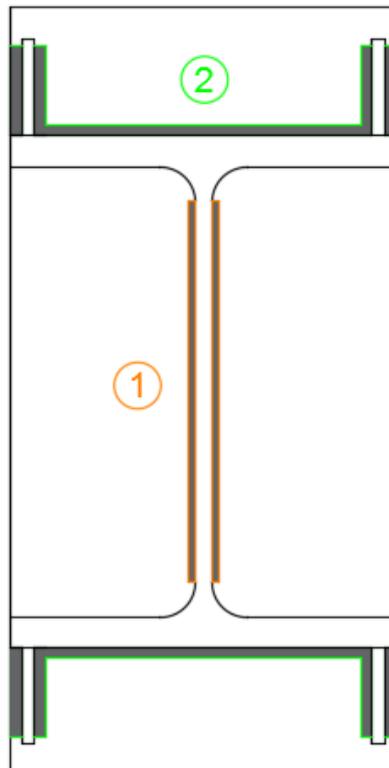


Figura 87. Situación de los cordones a estudiar en la unión dintel HEB 400-dintel HEB 400.

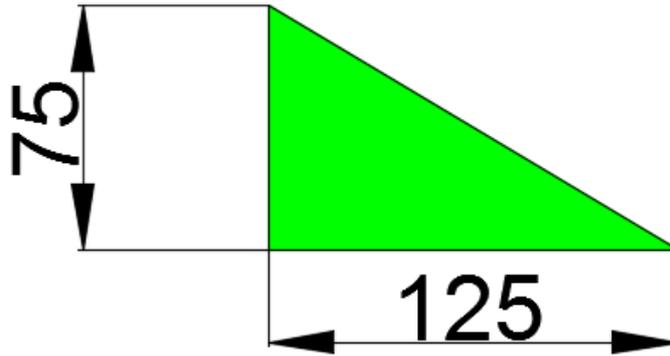


Figura 88. Dimensiones en mm de los rigidizadores.

Sobre esta unión, se aplica un esfuerzo cortante en dirección del eje “z” y un momento flector en el eje “y”. Como el momento flector es grande, el cordón de las alas no es capaz de soportarlo por sí mismo por lo que se colocan dos cartabones de refuerzo tanto en el ala superior como en el ala inferior.

$$V_z = -12'192 \text{ t} = -121'92 \text{ kN} \quad M_y = -40'925 \text{ t} \cdot \text{m} = -409'25 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Los perfiles del dintel y del pilar son de acero S-275. Los valores de β_w y de f_u se obtienen de la tabla 23. Los valores de los espesores de garganta para los dos cordones se consiguen de la tabla 24.

- Cordón 1: sometido a un esfuerzo P en la dirección del cordón.

$$\text{espesor mínimo} \rightarrow e = 13'5 \text{ mm} \rightarrow a_{\text{máx}} = 9'5 \text{ mm}; a_{\text{mín}} = 5 \text{ mm}$$

$$a = 7 \text{ mm} \quad l_{\text{cordón}} = \text{longitud del alma} = 298 \text{ mm}$$

$$V_z = 2 \cdot P \rightarrow P = \frac{V_z}{2} = \frac{121'92}{2} = 60'96 \text{ kN}$$

$$P \text{ en dirección del cordón} \rightarrow \tau_I = \frac{P}{a \cdot l} = \frac{60'96 \cdot 10^3}{7 \cdot 298} = 29'22 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{co} = \sqrt{\sigma_I^2 + 3 \cdot (\tau_I^2 + \tau_{II}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma M_2}$$

$$\sigma_{co} = \sqrt{0^2 + 3 \cdot (29'22^2 + 0^2)} = 50'62 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma M_2} = \frac{430}{0'85 \cdot 1'25} = 404'71 \text{ MPa}$$

$$50'62 \text{ MPa} < 404'71 \text{ MPa} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Cordón 2: este cordón está sometido al momento flector del eje “y”. Esto provoca, que el cordón de cada ala, debe soportar una fuerza que forman un momento que contrarresta el momento flector. Hay que calcular el centro de gravedad del cordón para saber dónde van aplicadas las fuerzas y saber la distancia que hay entre ellas.

$$\text{espesor mínimo} \rightarrow e = 14 \text{ mm} \rightarrow a_{\text{máx}} = 9'5 \text{ mm}; a_{\text{mín}} = 5 \text{ mm}$$

$$a = 8 \text{ mm} \quad M_y = P' \cdot x$$

$$y' = \frac{A_3 \cdot y_3 + A_4 \cdot y_4 + A_5 \cdot y_5}{A_3 + A_4 + A_5}$$

$$y' = \frac{2 \cdot 11'31 \cdot 200 \cdot 100 + 11'31 \cdot 277'38 \cdot 5'66}{2 \cdot 11'31 \cdot 200 + 11'31 \cdot 277'38} = 61'37 \text{ mm}$$

$$x = 400 + 2 \cdot y' = 400 + 2 \cdot 61'37 = 522'74 \text{ mm} \approx 0'523 \text{ m}$$

$$l_{\text{cordón}} = 2 \cdot (200 + 250) + 277'13 = 1177'38 \text{ mm} \quad P' = \frac{409'25}{0'523} = 782'5 \text{ kN}$$

$$P \text{ perpendicular al cordón} \rightarrow \tau_{II} = \sigma_I = \frac{2 \cdot P'}{\sqrt{2} \cdot a \cdot l}$$

$$\tau_{II} = \sigma_I = \frac{2 \cdot 782'5 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 8 \cdot 1177'38} = 117'49 \text{ kN}$$

$$\sigma_{co} = \sqrt{\sigma_I^2 + 3 \cdot (\tau_I^2 + \tau_{II}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma M_2}$$

$$\sigma_{co} = \sqrt{117'49^2 + 3 \cdot (0^2 + 117'49^2)} = 234'98 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma M_2} = \frac{430}{0'85 \cdot 1'25} = 404'71 \text{ MPa}$$

$$234'98 \text{ MPa} < 404'71 \text{ MPa} \rightarrow \text{Cumple}$$

2.7.3 Unión Dintel HEB 400- Dintel HEB 400

Por último, está la unión de los dos pilares que forman el pórtico a dos aguas. El punto donde se realiza la unión es el cumbre del pórtico. Para llevar a cabo esta unión, se coloca una chapa entre los dinteles a la cual van unidas ambos dinteles. Esta chapa tiene estas dimensiones 345x450x25 y está realizada con acero S-275. Es suficiente con calcular la unión de un dintel a la chapa, ya que la otra unión es idéntica.

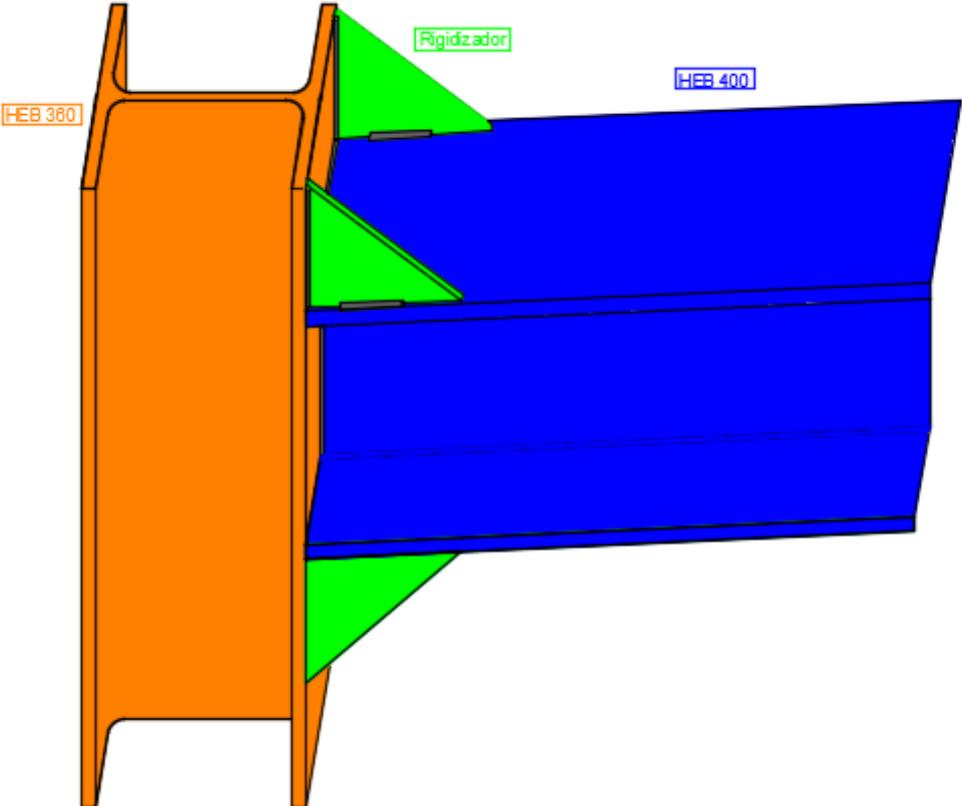


Figura 89. Unión pilar HEB 360-dintel HEB 400.

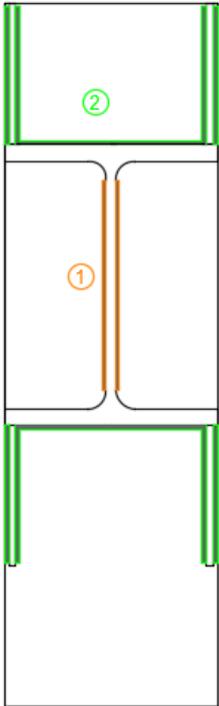


Figura 90. Situación de los cordones a estudiar en la unión pilar HEB 360-dintel HEB 400.

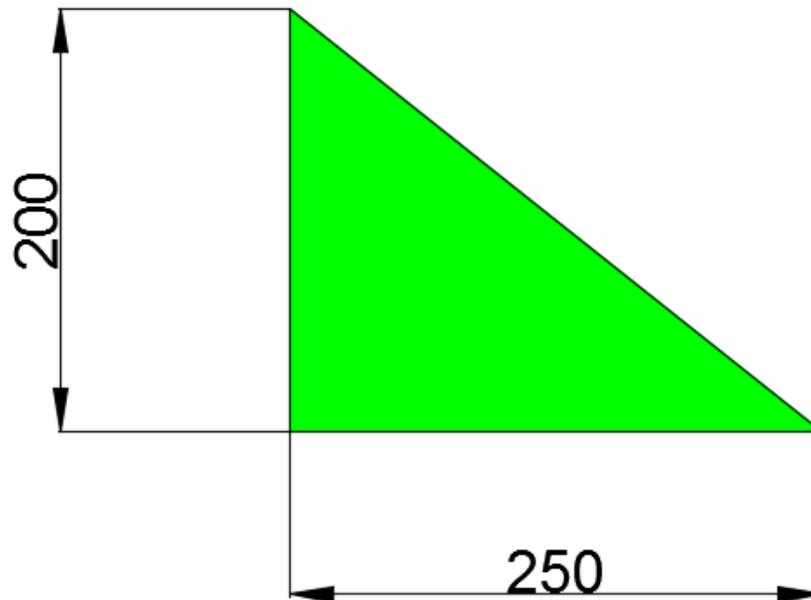


Figura 91. Dimensiones en mm de los rigidizadores.

Esta unión se constituye por 2 cordones. El primero une el alma del dintel a la chapa y el segundo une las alas del dintel a la chapa. A la unión se le somete a un esfuerzo cortante en dirección del eje “z” y un momento flector en el eje “y”. Al igual que ocurría con la unión anterior, el momento tiene un valor elevado por lo que el cordón que se realiza entre las alas y la chapa no es suficiente para soportar dicho momento. Por lo tanto, se colocan dos cartabones de refuerzo en cada ala.

$$V_z = 4'727 \text{ t} = 47'27 \text{ kN} \quad M_y = 27'462 \text{ t} \cdot \text{m} = 274'62 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Los perfiles de los dinteles son de acero S-275. Los valores de β_w y de f_u se obtienen de la tabla 23. Los valores de los espesores de garganta para los dos cordones se consiguen de la tabla 24.

- Cordón 1: sometido a un esfuerzo P en la dirección del cordón.

$$\text{espesor mínimo} \rightarrow e = 13'5 \text{ mm} \rightarrow a_{\text{máx}} = 9'5 \text{ mm}; a_{\text{mín}} = 5 \text{ mm}$$

$$a = 7 \text{ mm} \quad l_{\text{cordón}} = \text{longitud del alma} = 298 \text{ mm}$$

$$V_z = 2 \cdot P \rightarrow P = \frac{V_z}{2} = \frac{47'27}{2} = 23'64 \text{ kN}$$

$$P \text{ en dirección del cordón} \rightarrow \tau_I = \frac{P}{a \cdot l} = \frac{23'64 \cdot 10^3}{7 \cdot 298} = 11'33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{co} = \sqrt{\sigma_I^2 + 3 \cdot (\tau_I^2 + \tau_{II}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma M_2}$$

$$\sigma_{co} = \sqrt{0^2 + 3 \cdot (11'33^2 + 0^2)} = 19'63 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma M_2} = \frac{430}{0'85 \cdot 1'25} = 404'71 \text{ MPa}$$

$$19'63 \text{ MPa} < 404'71 \text{ MPa} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Cordon 2: este cordón está sometido al momento flector del eje "y". Esto provoca, que el cordón de cada ala, debe soportar una fuerza que forman un momento que contrarresta el momento flector. Hay que calcular el centro de gravedad del cordón para saber dónde van aplicadas las fuerzas y saber la distancia que hay entre ellas.

$$\text{espesor mínimo} \rightarrow e = 24 \text{ mm} \rightarrow a_{\text{máx}} = 16 \text{ mm}; a_{\text{mín}} = 6'5 \text{ mm}$$

$$a = 12 \text{ mm} \quad M_y = P' \cdot x$$

$$y' = \frac{A_3 \cdot y_3 + A_4 \cdot y_4 + A_5 \cdot y_5}{A_3 + A_4 + A_5}$$

$$y' = \frac{2 \cdot 16'97 \cdot 75 \cdot 37'5 + 16'97 \cdot 277'38 \cdot 8'49}{2 \cdot 16'97 \cdot 75 + 16'97 \cdot 277'38} = 18'67 \text{ mm}$$

$$x = 400 + 2 \cdot y' = 400 + 2 \cdot 18'67 = 437'34 \text{ mm} \approx 0'44 \text{ m}$$

$$l_{\text{cordón}} = 2 \cdot (75 + 125) + 277'13 = 677'38 \text{ mm} \quad P' = \frac{274'62}{0'44} = 624'14 \text{ kN}$$

$$P \text{ perpendicular al cordón} \rightarrow \tau_{II} = \sigma_I = \frac{2 \cdot P'}{\sqrt{2} \cdot a \cdot l}$$

$$\tau_{II} = \sigma_I = \frac{2 \cdot 624'14 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 12 \cdot 677'38} = 108'6 \text{ kN}$$

$$\sigma_{co} = \sqrt{\sigma_I^2 + 3 \cdot (\tau_I^2 + \tau_{II}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma M_2}$$

$$\sigma_{co} = \sqrt{108'6^2 + 3 \cdot (0^2 + 108'6^2)} = 217'2 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma M_2} = \frac{430}{0'85 \cdot 1'25} = 404'71 \text{ MPa}$$

$$217'2 \text{ MPa} < 404'71 \text{ MPa} \rightarrow \text{Cumple}$$

Referencias

[1]

http://www.panelsandwich.com/NUEVAS%20FICHAS%20PSG/Panel_Sandwich_Tapajuntas.pdf (17 de Junio de 2017)

[2] http://normativaconstruccion.cype.info/cte_db_se_ae/pagina47.html (17 de Junio de 2017)

[3] <https://es.slideshare.net/oliebana/des01-basesacciones-20102011> (18 de Junio de 2017)

[4] <http://slideplayer.es/slide/33751/> (18 de Junio de 2017)

[5] <https://pablonietocabezas.wordpress.com/2010/11/02/presion-interior-de-viento-%C2%BFerrata-en-el-cte-db-se-ae/> (18 de Junio de 2017)

[6] http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/r5-rd314-2006.nor6.html (18 de Junio de 2017)

[7] <http://slideplayer.es/slide/169156/> (19 de Junio de 2017)

[8] <https://pablonietocabezas.wordpress.com/2013/08/07/accion-de-viento-en-fachadas/> (19 de Junio de 2017)

[9] <http://slideplayer.es/slide/33438/> (23 de Junio de 2017)

[10] Apuntes de la asignatura “Estructuras Metálicas y de Hormigón”, impartida por el profesor Mario Matas Hernández. (1 de Julio de 2017)

[11] Información sobre el cálculo de las placas de anclaje sometidas a diferentes casos, documentación aportada por el profesor Mario Matas Hernández. (4 de Julio de 2017)

[12] Información sobre el cálculo de las uniones soldadas, documentación obtenida de la asignatura “Elementos de Unión en Estructura”, impartida por el profesor Pedro Antonio Gómez Sánchez. (21 de Julio de 2017)

En Béjar, a 4 de septiembre de 2017.

Fdo. D. Francisco Manuel García Ingelmo

ANEXO: CÁLCULO MEDIANTE CYPE DE LA ESTRUCTURA

ÍNDICE

1. Antecedentes.....	4
2. Comparación de los coeficientes y valores de cálculo	4
3. Dimensionamiento de las correas	5
4. Dimensionamiento del pórtico	6
4.1 Datos iniciales	7
4.2 Tablas comparativas	7
5. Dimensionamiento de celosía exterior y de sus pilares	9
5.1 Datos iniciales	9
5.2 Tirantes	10
5.3 Montantes y diagonales	11
5.4 Pilares	13
6. Dimensionamiento de celosía interior y de sus pilares.....	14
6.1 Datos iniciales	14
6.2 Tirantes	14
6.3 Montantes y diagonales	15
6.4 Pilares	16
7. Placas de anclaje	17
8. Cimentación.....	20

9. Capturas de la nave y cimentación estudiadas 21

10. Diagramas de cortantes y momentos flectores..... 22

1. Antecedentes

En este anexo, se lleva a cabo una comparación entre los resultados del análisis de la estructura de forma analítica y mediante el programa informático Cype.

En los apartados del anexo, se introducen tablas que comparan los resultados de ambos métodos para ver si estos resultados concuerdan o no. Habrá casos en que los resultados no tengan mucha concordancia, ya que el programa Cype realiza muchas más comprobaciones de las que se realizan en el análisis analítico por lo que el programa Cype tiende a sobredimensionar los resultados. Para que la comparación sea lo más exacta posible, en las tablas solo se incluyen las comprobaciones que se utilizan en ambos métodos.

La realización de este anexo a base de tablas comparativas se debe a que Cype aporta una serie de informes con los resultados de sus comprobaciones pero estos informes son extensos y muchas partes innecesarias, por lo motivo de que hay comprobaciones que no interesan.

2. Comparación de los coeficientes y valores de cálculo

En este apartado, se realiza una comparativa de los coeficientes de seguridad y simultaneidad utilizados por Cype y de forma analítica así como los valores de cálculo que se han usado en ambos casos.

Datos comparativo	Cálculo de Cype	Cálculo analítico
Altitud de edificación	953 m	953 m
Coef. de seguridad (Peso propio)	1'35	1'35
Coef. de seguridad (Acciones variables)	1'5	1'5
Tipo de simultaneidad	La más restrictiva	Mantenimiento
Coef. de simultaneidad (ψ_0, ψ_1, ψ_2)	0'7; 0'7; 0'6	0; 0; 0
Coef. de simultaneidad (Viento) (ψ_0, ψ_1)	0'6; 0'5	0'6; 0'5
Coef. de simultaneidad (Nieve) (ψ_0, ψ_1)	0'5; 0'2	0'5; 0'2
γM_0 (Estado límite último, ELU)	1'05	1'05
γM_1 (Estado límite último, ELU)	1'05	1'05
γM_2 (Estado límite último, ELU)	1'25	1'25
γM_3 (Estado límite último, ELU)	1'10	1'10
γM_4 (Estado límite último, ELU)	1'25	1'25
γM_5 (Estado límite último, ELU)	1'40	1'40

Tabla 1. Comparación de los coeficientes y valores de cálculo.

3. Dimensionamiento de las correas

En este apartado, se dimensiona el perfil que se utiliza para la correas de la cubierta de la nave. El perfil que se utiliza para las correas es un IPE.

Las correas son de 2 vanos por lo que su estudio analítico se realiza por medio del teorema de los 3 momentos, ya que al ser cada 2 vanos se estudian como vigas con 3 apoyos. En la siguiente tabla, se ven los resultados obtenidos por este método y por el programa Cype. Para el cálculo analítico, se utiliza como hipótesis de cálculo la hipótesis de viento a presión y nieve como principal, mientras que el programa Cype, usa como hipótesis la que considere el programa más desfavorable

Datos comparativos	Cálculo de Cype	Cálculo analítico
Longitud de la barra	10 m	10 m
Área de influencia	19 m ²	19 m ²
Límite elástico	239'6 MPa	235 MPa
M _{zEd}	10'27 kN·m	7'49 kN·m
Tipo de alma	Clase 1	Clase 1
Tipo de ala	Clase 1	Clase 1
Resistencia a flexión (y)	0'51	0'43
Resistencia a flexión (z)	Sin pandeo lateral	Sin pandeo lateral
Tipo de apoyo	En 3 pórticos (2 vanos)	En 3 pórticos (2 vanos)
Flecha máx. obtenida	12'67 mm	9'42 mm
Perfil escogido	IPE-140	IPE-140

Tabla 2. Comparación de los datos de las corres de perfil IPE 140.

Como se puede observar en la tabla, existen dos parámetros que varían entre un método y otro. Estos dos valores son el límite elástico, cuyo valor en el programa Cype es ligeramente superior al utilizado en el cálculo analítico, y el valor del momento de cálculo (M_{zEd}), el cual es superior en el programa Cype y esta diferencia se debe a que en cada método se ha escogido una hipótesis distinta. En ambos casos no se ha tenido en cuenta el pandeo lateral. La diferencia de estos dos parámetros es lo que provoca que los resultados de resistencia a flexión en el eje y sean distintos.

El valor de la flecha permitida es de $L/300$, siendo L la distancia entre vanos. Como este valor de L es de 5000 mm, el valor de flecha límite es de 16'67. Como se puede observar los valores de ambos métodos son inferiores a este valor límite por lo que cumplen esta condición.

Con esta última comprobación, se puede indicar que el perfil IPE-140 seleccionado cumple los requisitos para poder ser utilizado.

4. Dimensionamiento del pórtico

4.1 Datos iniciales

Para el cálculo del pórtico, hay que determinar la hipótesis más desfavorable tanto para los pilares como para los dinteles del pórtico, para obtener así el valor de los esfuerzos que hay que considerar a la hora de dimensionarlos.

En el caso del programa Cype, la hipótesis más desfavorable es la que haya considerado el propio programa.

En el caso del cálculo analítico, para determinar la hipótesis más desfavorable se estudia por un lado el pilar y por otro el dintel y se comprueba cual es la hipótesis más desfavorable en conjunto. En este método, la hipótesis escogida es la hipótesis de viento en succión.

En ningún caso ambas hipótesis tienen que coincidir. Los perfiles que se consideran son para los pilares un perfil IPE 360 y para los dinteles un perfil IPE 400. A continuación, se muestra una imagen capturada de Cype, señalando en rojo el pórtico que se ha estudiado para el dimensionamiento.

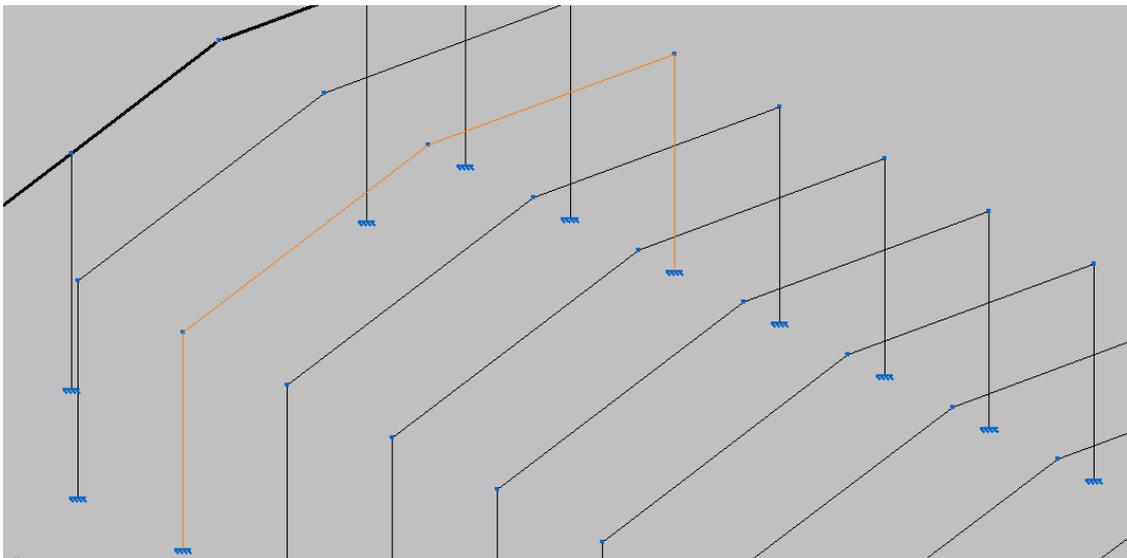


Figura 1. Diagrama del pórtico a dos aguas estudiado.

4.2 Tablas comparativas

En este apartado, se muestran las tablas que comparan los datos y cálculos realizados por el programa Cype y los obtenidos de forma analítica. En la primera tabla, se recogen los datos de los pilares y de los dinteles y las acciones que actúan sobre cada uno.

Datos comparativos	Cálculo de Cype	Cálculo analítico
Longitud del pilar	9 m	9 m
Longitud del dintel	12'66 m	12'66 m
Acción sobre el pilar	1'54 kN/m	-7'95 kN/m
Acción sobre el dintel	9'73 kN/m	-8'77 kN/m
Perfil pilar	HEB 360	HEB 360
Perfil dintel	HEB 400	HEB 400
Área utilizada pilar	19780 mm ²	19800 mm ²
Área utilizada dintel	18060 mm ²	18100 mm ²
Relación de inercia del pilar	1	1
Relación de inercia del dintel	1'34	1'34
Límite elástico	270'133 MPa	275 MPa

Tabla 3. Datos y acciones de pilares y dinteles del pórtico.

Como se puede ver en la tabla, los valores de las acciones tienen signo distinto lo cual nos indica que las hipótesis utilizadas en ambos métodos no son las mismas. Además, los valores de acción sobre el pilar son muy diferentes y esto nos puede repercutir considerablemente en que algunos valores de las tablas posteriores también sean dispares.

Una vez que se conocen las acciones, el siguiente paso es calcular los valores de los momentos y cortantes máximos que actúan sobre pilares y sobre dinteles. Estos valores máximos son lo que se utilizan en las comprobaciones para realizar el dimensionamiento. En las siguientes tablas, se comparan los valores máximos de momentos y cortantes y los resultados de las comprobaciones obtenidos mediante el programa Cype y de forma analítica.

➤ **Dintel**

Datos comparativos	Cálculo de Cype	Cálculo analítico
Axil máxima	106'4 kN	87'47 kN
Momento máximo	409'25 kN·m	326'98 kN·m
Comprobación de la sección	0'513	0'45
Comprobación de la barra	0'886	0'215
Esbeltez reducida eje débil (eje z)	1'94	1'97
Perfil escogido	HEB 400	HEB 400

Tabla 4. Valores máximos y comprobaciones del dintel HEB 400.

Como se puede observar de la tabla, el valor que justifica el uso de este perfil es la comprobación de la esbeltez reducida en el eje débil (eje z), ya que este valor no puede ser superior a 2 y en ambos métodos, los valores obtenidos son muy próximos a 2.

➤ **Pilar**

Datos comparativos	Cálculo de Cype	Cálculo analítico
Axil máxima	132'7 kN	183'28 kN
Momento máximo	414'79 kN·m	326'98 kN·m
Comprobación de la sección	0'63	0'56
Comprobación de la barra	0'84	0'353
Perfil escogido	HEB 360	HEB 360

Tabla 5. Valores máximos y comprobaciones del pilar HEB 360.

En este caso, no es necesario realizar la comprobación de la esbeltez reducida en el eje débil (eje z) del pilar ya que entre los pilares van colocados los cerramientos de las nave (placas alveolares de hormigón), los cuales impiden el pandeo en el eje débil.

En la nave, se encuentran una serie de pórticos que llevan el diseño descrito pero que además cuenta con dos pilares interiores. La colocación de estos pilares intermedios se debe principalmente para facilitar la colocación de los cerramientos. Dos de estos pórticos son los pórticos que forman la fachada principal y trasera de la nave. Los pilares interiores que se colocan llevan un perfil HEB 360. Los otros pórticos que requieren de este tipo de pilares interiores son el segundo, el tercer y el cuarto pórtico de la nave. Al estar en el interior de la nave, el perfil que se necesita el inferior y se coloca un perfil HEB 160.

Además, debido al cerramiento de muro cortina que se coloca en la fachada principal es necesario colocar unas vigas entre los pilares intermedios de ese pórtico para permitir la colocación de este tipo de cerramiento. Se colocan 2 vigas, una a la altura de 4'5 metros y otra a los 9 metros, y el perfil que se utilizad es un HEB 240.

5. Dimensionamiento de celosía exterior y de sus pilares

5.1 Datos iniciales

En el interior de la nave, se dispone de una serie de 4 celosías colocadas sobre pilares, las cuales se utilizan para soportar el forjado de la primera planta de la nave que va

destinada a oficinas. Las celosías que se encuentran en los extremos se denominan como celosías exteriores y las otras dos se denominan como celosías interiores.

En este apartado 5 del anexo, se realiza la comparación de los dimensionamientos, realizados por el programa Cype y por los cálculos analíticos, de las celosías exteriores y de los pilares que las soportan.

5.2 Tirantes

El perfil seleccionado para realizar el dimensionamiento del tirante es un UPE doble en cajón soldado. El tipo de UPE que utiliza cada método para realizar el dimensionamiento es distinto. A continuación, se muestra una imagen de la celosía, destacando en color naranja la situación del tirante más desfavorable de la celosía. Los datos de este tirante, obtenidos en Cype y por medios analíticos, son los que comparamos en la tabla.

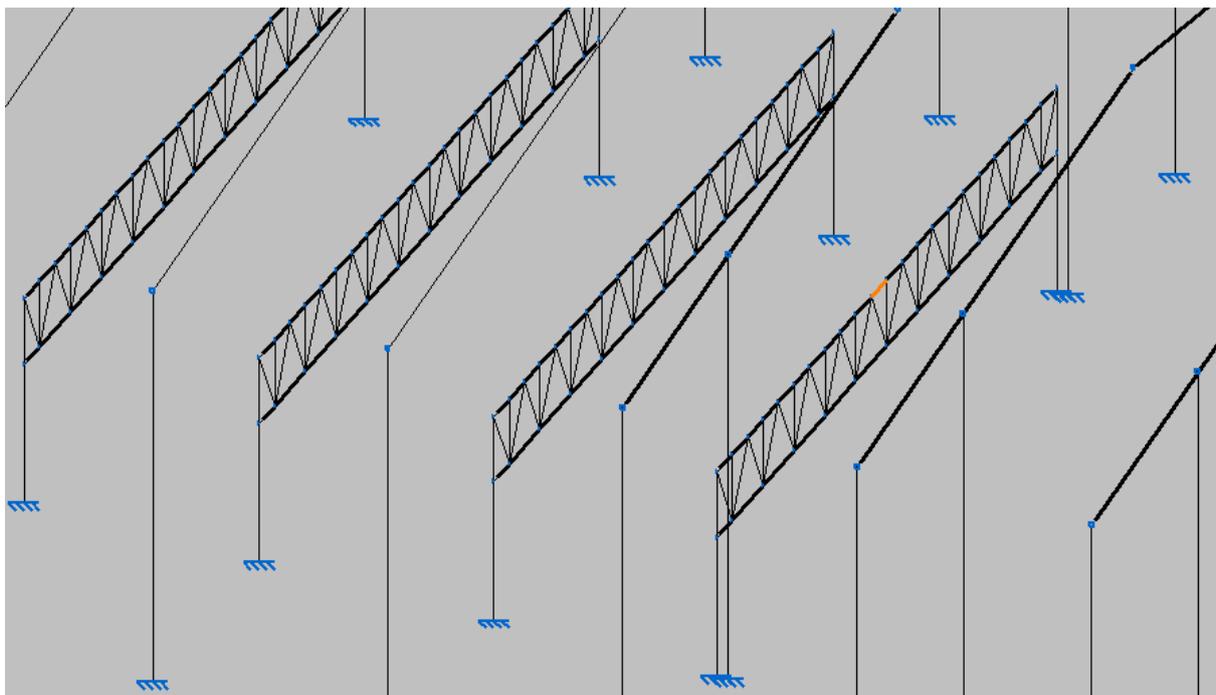


Figura 2. Celosía exterior con el tirante de estudio señalado.

Este tirante se encuentra sometido a un esfuerzo de compresión. El dimensionamiento de este tirante sirve para el resto de tirantes de esta celosía y para los tirantes de la otra celosía exterior. Ahora se introduce la tabla comparativa.

Datos comparativos	Cálculo de Cype	Cálculo analítico
Longitud de la barra	700 mm	700 mm
Posición más desfavorable	Centrada	Centrada
Área utilizada	3560 mm ²	2500 mm ²
Límite elástico	280'33 MPa	275 MPa
Axil crítico de pandeo elástico	34768550 N	17511498'09 N
Esbeltez reducida	0'17	0'2
Tipo de unión	Cajón doble	Cajón doble
Perfil elegido	2 UPE 140	2 UPE 100

Tabla 6. Comparación de los datos del tirante más desfavorable de la celosía exterior.

Para dimensionar las barras tanto de las celosías exteriores como interiores, hay que comprobar el perfil escogido únicamente a pandeo. Esto se debe a que las cargas aplicadas sobre las celosías están sobre los nudos y como ninguna de todas las barras de las celosías tienen una longitud superior a 6 metros, el esfuerzo de su peso propio no se considera, por lo que solo hay que considerar las cargas aplicadas en los nudos y estas solo generan esfuerzos axiales internos en las barras. Por este motivo sólo hay que comprobar las barras a pandeo.

Sin embargo, el programa Cype realiza esta comprobación y otras muchas más. Además el propio programa considera un momento en las barras que no entendemos de donde lo obtiene, ya que este momento puede venir causado por el valor del peso propio del perfil pero el programa permite no tener en cuenta este esfuerzo y, aún eliminándolo, introduce ese momento desconocido. Este momento es el causante de que el perfil que escoge el programa sea diferente y superior al que se obtiene de forma analítica.

Este inconveniente del momento afecta no solo al dimensionamiento del tirante de la celosía exterior, sino también, al dimensionamiento de las diagonales y montantes de la celosía exterior e interior y al dimensionamiento del tirante de la celosía interior. Es decir, los perfiles que se verán escogido en las posteriores tablas comparativas serán diferentes entre ambos métodos y serán superiores los escogidos por el programa Cype.

5.3 Montantes y diagonales

El perfil seleccionado para diagonales y montantes es el mismo para evitar posibles errores en el montaje y para tener un cierto ahorro. El perfil que se escoge es UPE simple y el tamaño, como se ha indicado antes, del perfil utilizado por el programa Cype es superior al utilizado en el cálculo analítico. A continuación, se muestra una imagen de la celosía,

destacando en color naranja la situación del montante o diagonal más desfavorable de la celosía. Los datos de este montante o diagonal, obtenidos en Cype y por medios analíticos, se comparan en la tabla.

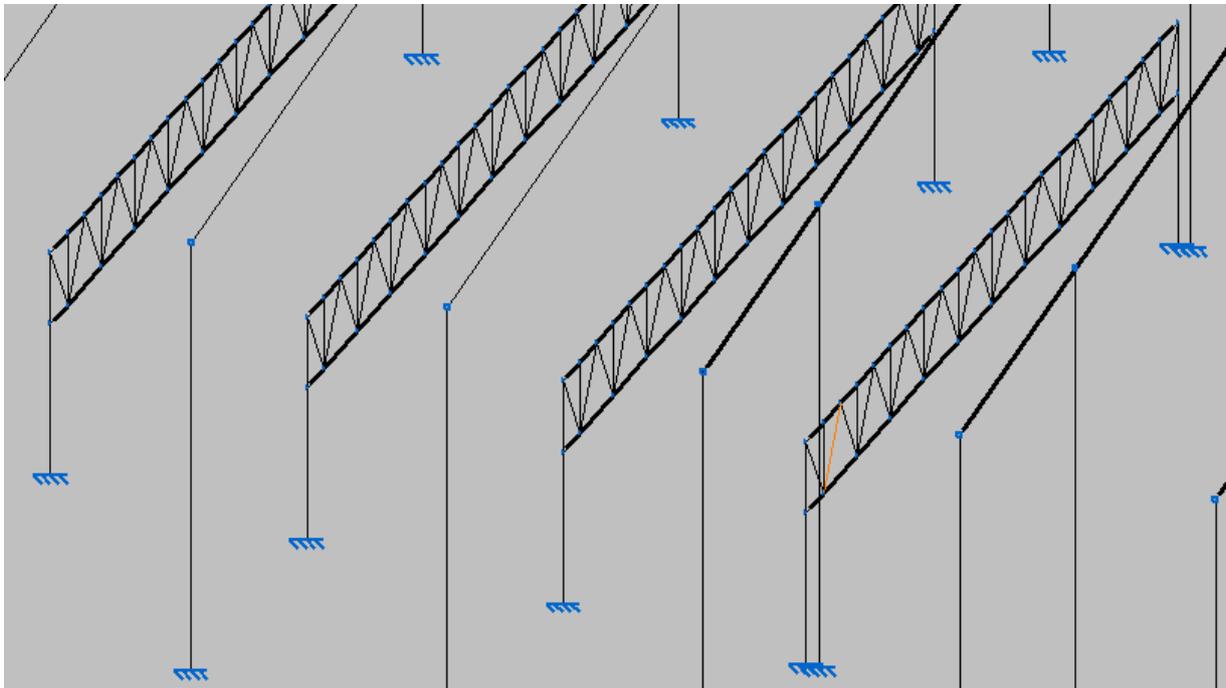


Figura 3. Celosía exterior con el montante o diagonal de estudio señalado.

La barra se trata de una diagonal sometida a un esfuerzo de compresión. El dimensionamiento de esta diagonal sirve para el resto de montantes y diagonales de esta celosía y para los montantes y diagonales de la otra celosía exterior. A continuación, se muestra la tabla comparativa para esta diagonal.

Datos comparativos	Cálculo de Cype	Cálculo analítico
Longitud de la barra	1655 mm	1655'29 mm
Posición más desfavorable	Diagonal extremo	Diagonal extremo
Área utilizada	1840 mm ²	1540 mm ²
Límite elástico	280'33 MPa	275 MPa
Axil crítico de pandeo elástico	606840 N	419820'69 N
Esbeltez reducida	0'92	1
Perfil elegido	UPE 140	UPE 120

Tabla 7. Comparación de los datos de la diagonal más desfavorable de la celosía exterior.

5.4 Pilares

Para el dimensionamiento de estos pilares, al igual que para las barras de las celosías, solo hay que realizar la comprobación a pandeo, ya que estos pilares se encuentran en el interior de la nave y están sometidos únicamente al esfuerzo que le transmiten las celosías. El perfil que se utiliza para estas barras es un HEB y en la siguiente imagen se puede observar el pilar de estudio señalado en color naranja. Los datos de este pilar son lo que se comparan en la tabla comparativa.

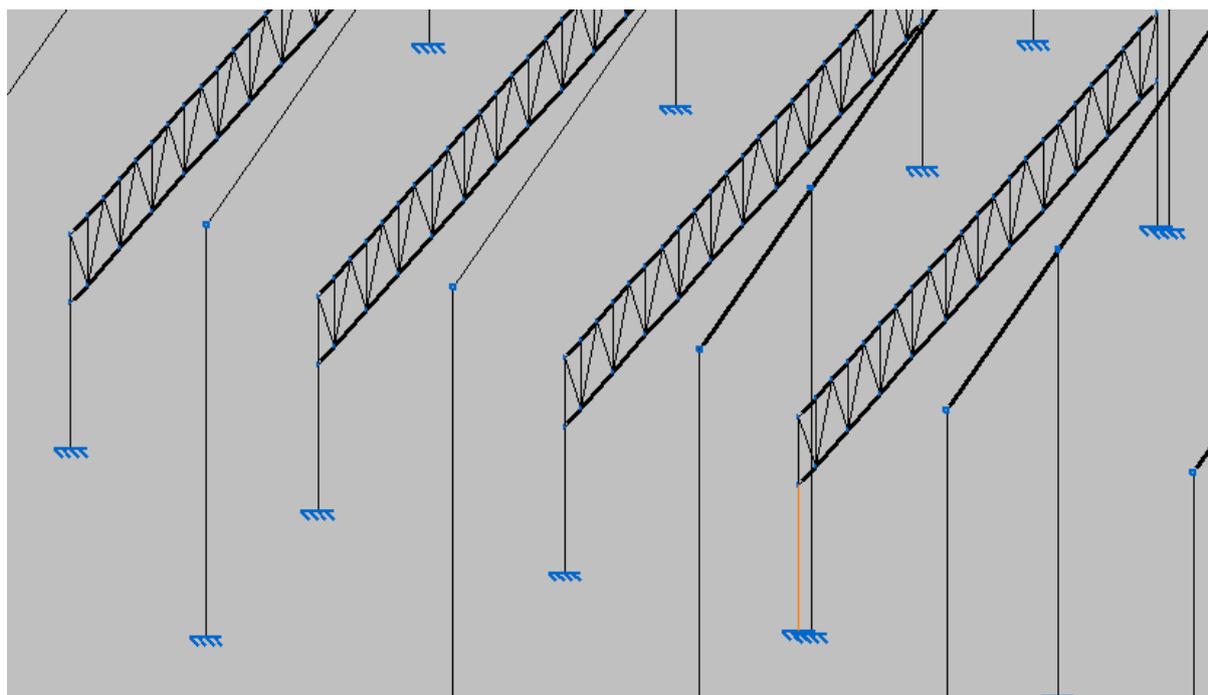


Figura 4. Celosía exterior con el pilar de estudio señalado.

El pilar está sometido a un esfuerzo de compresión. El dimensionamiento de este pilar sirve para el otro pilar de esta celosía y para los pilares de la otra celosía exterior. A continuación, se muestra la tabla comparativa del pilar.

Datos comparativos	Cálculo de Cype	Cálculo analítico
Longitud de la barra	3200 mm	3200 mm
Posición más desfavorable	Extremo	Extremo
Área utilizada	2600 mm ²	2600 mm ²
Límite elástico	280'33 MPa	275 MPa
Axil crítico de pandeo elástico	704450 N	689825'87 N
Esbeltez reducida	1'02	1'02
Perfil elegido	HEB 100	HEB 100

Tabla 8. Comparación de los datos del pilar de la celosía exterior.

De igual forma que pasaba con las barras de la celosía, los pilares también se encuentran sometidos a un momento desconocido. Sin embargo, a diferencia de las barras de las celosías, el momento de los pilares es un momento pequeño por lo que no afecta tanto a su dimensionamiento y de ahí que el perfil escogido por ambos métodos sea el mismo.

6. Dimensionamiento de celosía interior y de sus pilares

6.1 Datos iniciales

En este apartado 6 del anexo, se realiza la comparación de los dimensionamientos, realizados por el programa Cype y por los cálculos analíticos, de las celosías interiores y de los pilares que las soportan.

6.2 Tirantes

El perfil seleccionado para realizar el dimensionamiento del tirante es un UPE doble en cajón soldado y es el tamaño de este perfil usado en cada método es distinto. A continuación, se muestra una imagen de la celosía, destacando en color naranja la situación del tirante más desfavorable de la celosía. Los datos de este tirante, obtenidos en Cype y por medios analíticos, se comparan en una tabla que se dispondrá después.

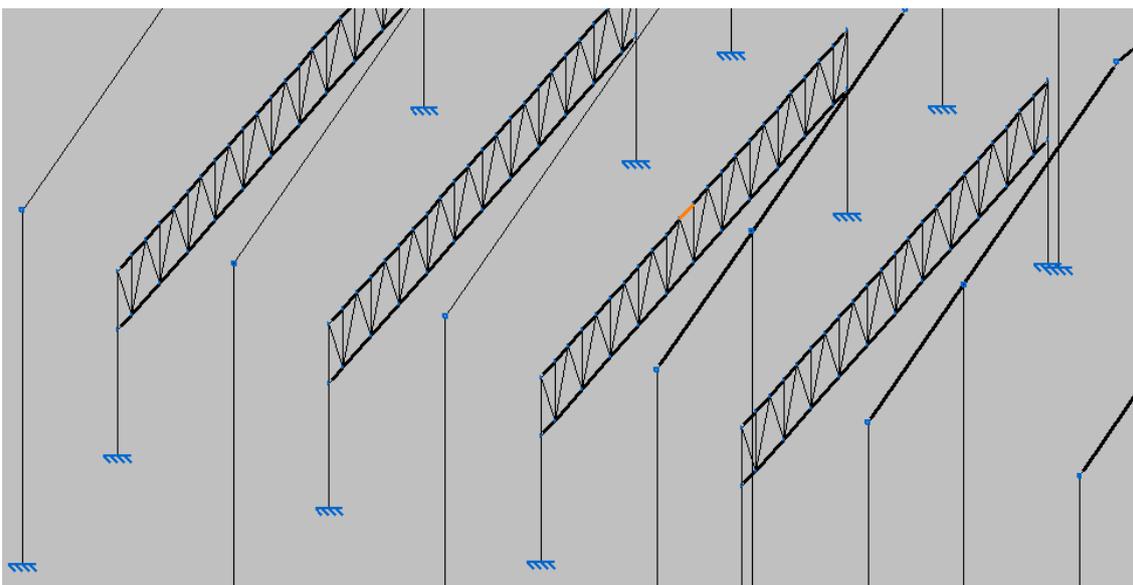


Figura 5. Celosía exterior con el tirante de estudio señalado.

Este tirante se encuentra sometido a un esfuerzo de compresión. El dimensionamiento de este tirante sirve para el resto de tirantes de esta celosía y para los tirantes de la otra celosía interior. Ahora se introduce la tabla comparativa.

Datos comparativos	Cálculo de Cype	Cálculo analítico
Longitud de la barra	700 mm	700 mm
Posición más desfavorable	Centrada	Centrada
Área utilizada	7510 mm ²	4340 mm ²
Límite elástico	280'33 MPa	275 MPa
Axil crítico de pandeo elástico	149548280 N	77067510'94 N
Esbeltez reducida	0'12	0'12
Tipo de unión	Cajón doble	Cajón doble
Perfil elegido	2 UPE 240	2 UPE 160

Tabla 9. Comparación de los datos del tirante más desfavorable de la celosía interior.

Como se indicó en la celosía exterior, que haya tanta diferencia en los perfiles escogidos por ambos métodos se debe a que Cype tiene en cuenta un momento desconocido y provoca que la celosía tenga que cumplir otras comprobaciones que provocan un sobredimensionamiento del perfil. También como se indicó anteriormente, esto mismo ocurre a la hora de dimensionar los montantes y diagonales de las celosías interiores.

6.3 Montantes y diagonales

Al igual que en las celosías exteriores, el perfil seleccionado para diagonales y montantes es el mismo para evitar posibles errores en el montaje y para conseguir un cierto ahorro. El perfil que se escoge es UPE simple y el tamaño, como se ha indicado antes, del perfil utilizado por el programa Cype es superior al utilizado en el cálculo analítico. A continuación, se muestra una imagen de la celosía, destacando en color naranja la situación del montante o diagonal más desfavorable de la celosía. Los datos de este montante o diagonal, obtenidos en Cype y por medios analíticos, se comparan en la tabla.

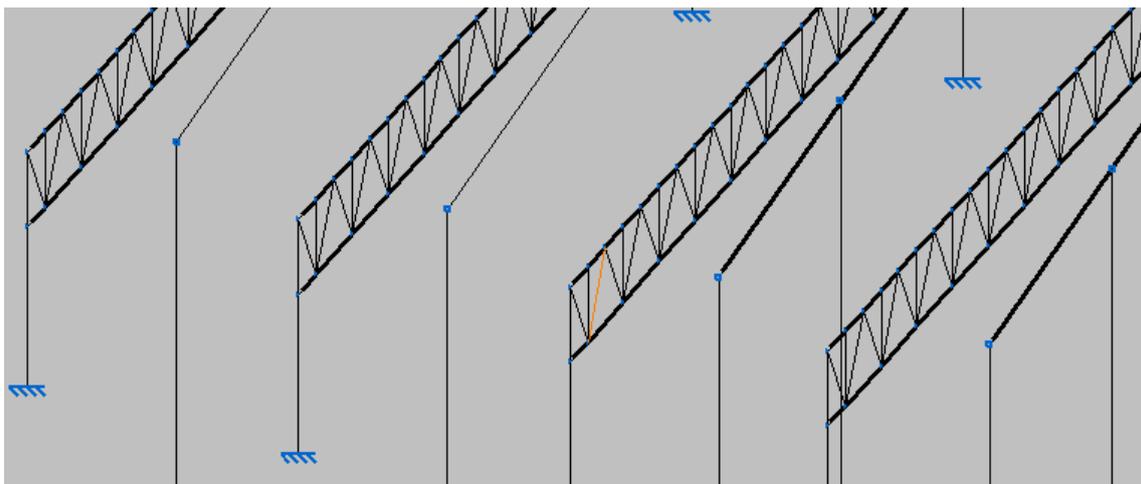


Figura 6. Celosía interior con el montante o diagonal de estudio señalado.

La barra más desfavorable es una diagonal sometida a un esfuerzo de compresión. El dimensionamiento de esta diagonal sirve para el resto de montantes y diagonales de esta celosía y para los montantes y diagonales de la otra celosía interior. A continuación, se muestra la tabla comparativa para esta diagonal.

Datos comparativos	Cálculo de Cype	Cálculo analítico
Longitud de la barra	1655 mm	1655'29 mm
Posición más desfavorable	Diagonal extremo	Diagonal extremo
Área utilizada	3390 mm ²	2510 mm ²
Límite elástico	280'33 MPa	275 MPa
Axil crítico de pandeo elástico	1899940 N	1089264'5 N
Esbeltez reducida	0'71	0'8
Perfil elegido	UPE 220	UPE 180

Tabla 10. Comparación de los datos de la diagonal más desfavorable de la celosía interior.

6.4 Pilares

Como se explica en el dimensionamiento de los pilares de las celosías exteriores, solo hay que realizar la comprobación a pandeo, ya que estos pilares se encuentran en el interior de la nave y están sometidos únicamente al esfuerzo que le transmiten las celosías. El perfil que se utiliza para estas barras es un HEB y en la siguiente imagen se puede observar el pilar de estudio señalado en color naranja. Los datos de este pilar son lo que se comparan en la tabla comparativa.

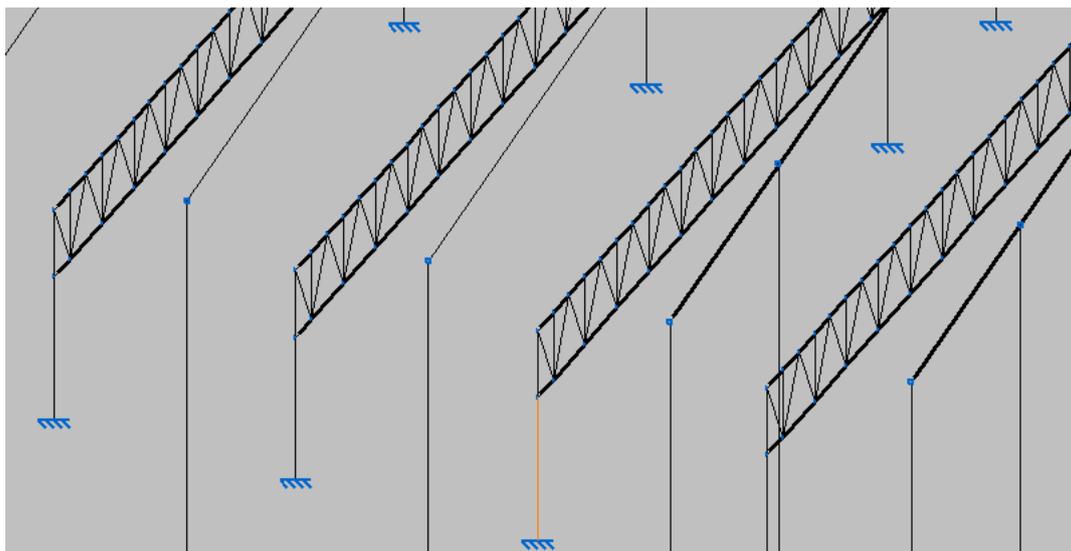


Figura 7. Celosía interior con el pilar de estudio señalado.

El pilar está sometido a un esfuerzo de compresión. El dimensionamiento de este pilar sirve para el otro pilar de esta celosía y para los pilares de la otra celosía interior. A continuación, se muestra la tabla comparativa del pilar.

Datos comparativos	Cálculo de Cype	Cálculo analítico
Longitud de la barra	3200 mm	3200 mm
Posición más desfavorable	Extremo	Extremo
Área utilizada	4300 mm ²	4300 mm ²
Límite elástico	280'33 MPa	275 MPa
Axil crítico de pandeo elástico	2314620 N	2271881'6 N
Esbeltez reducida	0'72	0'72
Perfil elegido	HEB 140	HEB 140

Tabla 11. Comparación de los datos del pilar de la celosía interior.

Como se indicó en los pilares de las celosías exteriores, los pilares de las celosías interiores también están sometidos a un momento desconocido. Pero, como ya se sabe, este momento es pequeño por lo que no afecta tanto a su dimensionamiento y de ahí que el perfil escogido por ambos métodos sea el mismo.

7. Placas de anclaje

En la nave, se disponen 4 tipos de placas de anclaje diferente. Una destinada a los pilares de exteriores de los pórticos (HEB 360), otra destinada a los pilares interiores de los

primeros pórticos (HEB 160), otra destinada a los pilares de las celosías exteriores (HEB 100) y la última destinada a los pilares de las celosías interiores (HEB 140).

Cype nos realiza el dimensionamiento de estas 4 placas de una manera más óptimas de la que se podría realizar de forma analítica. Sin embargo, para comprobar que los resultados aportados por Cype no son desorbitados o que pueda haber un error, se dimensiona de forma analítica la placa de anclaje de los pilares exteriores de los pórticos y se comprueba con los resultados obtenidos que los resultados de Cype sirven. Los resultados de forma analítica se han realizado por medio de una serie de comprobaciones que se pueden ver en el anexo de cálculos analíticos. Lo único que no se dimensiona de forma analítica son las dimensiones de los rigidizadores, ya que se toman las dimensiones tomadas por Cype.

En la siguiente imagen, se ve destacada la situación de la placa de anclaje que se estudia y cuyos datos se comparan en la tabla que aparece posteriormente.

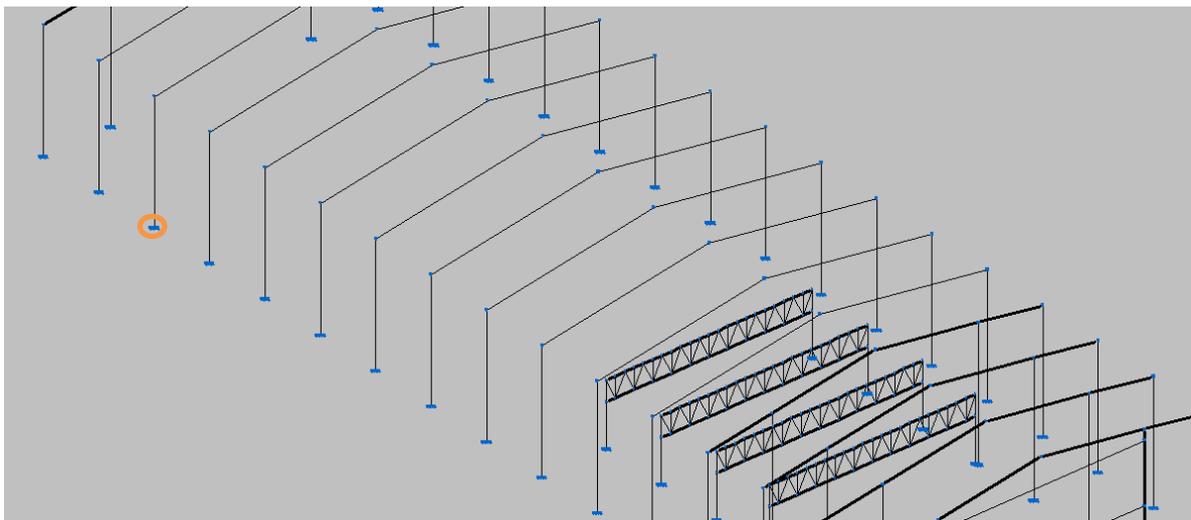


Figura 8. Situación de la placa de anclaje de estudio en la nave.

Las placas estudiadas por ambos métodos cumplen las comprobaciones necesarias y los valores obtenidos en cada caso para su dimensionamiento son los recogidos en la siguiente tabla comparativa.

Datos comparativos	Cálculo de Cype	Cálculo analítico
Dimensión de la placa de anclaje (L x A x espesor)	700 x 600 x 40 mm	560 x 500 x 40 mm
Diámetro de los pernos	32 mm	40 mm
Longitud de los pernos	800 mm	1680 mm
Forma de los pernos	Ganchos a 180°	Ganchos a 180°
Número de pernos	8	4
Dimensión de rigidizadores (A x H x A _{extremos})	700 x 200 x 35 mm	700 x 200 x 35 mm
Espesor de la cartela	14 mm	14 mm
Calidad del acero laminado	S275	S275
Calidad de los pernos	B500-S	B500-S

Tabla 12. Comparación de los datos de la placa de anclaje para pilares HEB 360.

Como se puede ver en la tabla, existen algunas diferencias en los datos de ambos métodos. Las dimensiones de la placa obtenida por Cype son superiores a la obtenida por el cálculo analítico, lo cual se puede deber a que el programa Cype coloca 8 pernos de anclaje mientras que por el cálculo analítico se colocan 4 pernos y al colocar 8 tenga que respetar alguna comprobación de separación mínima. Esta diferencia en el número de pernos viene provocada porque la longitud de anclaje que considera Cype es menor que la que se obtiene por medio del cálculo analítico de ahí que necesite colocar más pernos. Sin embargo como se puede comprobar en el anexo de cálculos analíticos, ambas dimensiones cumplen las comprobaciones por lo que son válidas.

Destacar que las placas que se utilizarán son las obtenidas por medio de Cype ya que el programa permite optimizar las placas de manera que estas se ajusten mejor a los pilares que se encuentran en la nave. A parte de que en el programa Cype, las dimensiones tienen que cumplir muchas más comprobaciones que las realizadas analíticamente y que pueden condicionar el dimensionamiento de las placas.

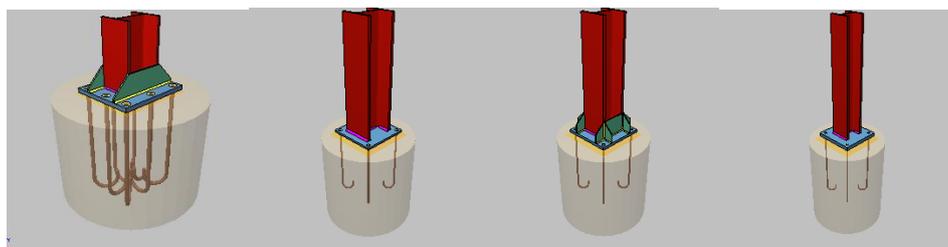


Figura 9. Placas de anclaje para pilares HEB 360, HEB 160, HEB 140 y HEB 100 (en ese orden de imagen).

8. Cimentación

En la nave, se colocan diferentes tipos de zapata y con diferentes dimensiones, todas ellas unidas por medio de vigas de atado. El programa Cype nos dimensiona estas todas estas zapatas y de una forma óptima para cada situación.

Al igual que en el caso de las placas de anclaje, se dimensiona un tipo de zapata de forma analítica para poder comparar los valores de Cype con los valores analíticos y poder comprobar que no hay errores abultados en los valores de Cype. Las comprobaciones que se realizan de forma analítica se pueden ver en el anexo de cálculos analíticos. La zapata que se comprueba es la zapata medianera grande para un pilar HEB 360, la cual se ve en la siguiente imagen con el resto de zapatas. La zapata de estudio aparece señalada.

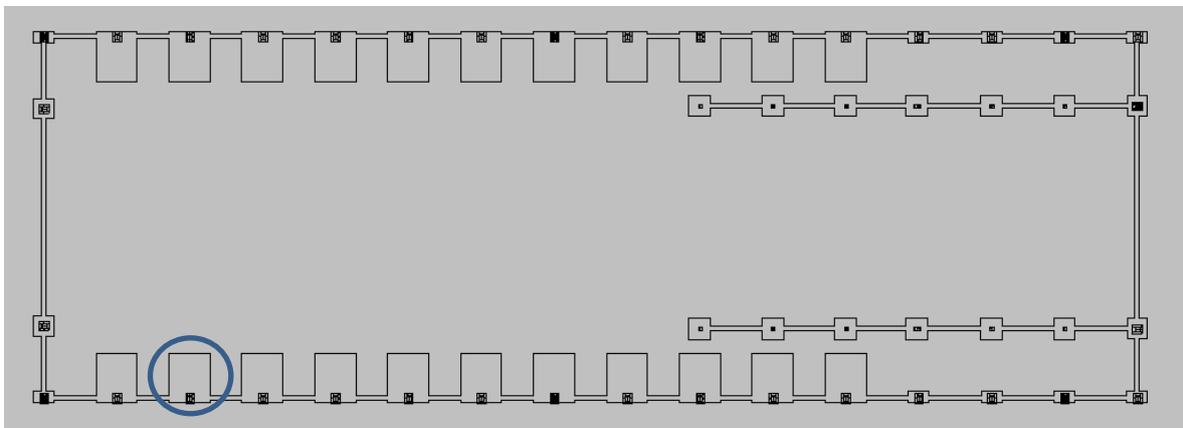


Figura 10. Situación de la zapata de estudio en la nave.

Las zapatas estudiadas por ambos métodos cumplen las comprobaciones necesarias y los valores obtenidos en cada caso para su dimensionamiento son los recogidos en la siguiente tabla comparativa.

Datos comparativos	Cálculo de Cype	Cálculo analítico
Ancho de la zapata	290 mm	290 mm
Largo de la zapata	353 mm	353 mm
Espesor de la zapata	150 mm	150 mm
Tipo de hormigón	HA-25/B/30/IIa	HA-25/B/30/IIa
Calidad del acero	B500-S	B500-S
Colocación de los pernos	Rectangular	Rectangular
Nº de pernos armadura inferior (X;Y)	11; 14	12; 14
Diámetro de los pernos armadura inferior	25 mm	25 mm
Separación entre pernos armadura inferior	250 mm	200 mm
Nº de pernos armadura superior (X;Y)	11; 14	12; 14
Diámetro de los pernos armadura superior	25 mm	25 mm
Separación entre pernos armadura superior	250 mm	200 mm
Longitud de anclaje	440 mm	656'25 mm

Tabla 13. Comparación de los datos de la zapata medianera grande para pilares HEB 360.

Como se puede observar en la tabla, los valores obtenidos por ambos métodos son muy similares con alguna ligera diferencia. Esto nos permite saber que el dimensionamiento de Cype no tiene ningún error grave, que era lo que se quería comprobar.

Indicar, como apreciación final, que las zapatas que se utilizan son las que nos aporta Cype, ya que el programa permite optimizar las zapatas de manera que estas se ajusten mejor a los requisitos que requiera la nave. A parte de que en el programa Cype, las dimensiones tienen que cumplir muchas más comprobaciones que las realizadas analíticamente y estas comprobaciones pueden condicionar el dimensionamiento de las zapatas.

9. Capturas de la nave y cimentación estudiadas

En este apartado, se incluirán las imágenes de la estructura completa de la nave y de su cimentación que se han estudiado. En las imágenes, se puede ver cómo tanto la estructura como la cimentación aparecen en color verde. Esta es la forma que utiliza el programa Cype, para indicar que la estructura y la cimentación cumplen todas las comprobaciones del programa. Si acaso alguna parte no cumpliera alguna comprobación, esa parte vendría señalada en color rojo y habría que retocarla para que pasara a estar en

color verde. Como aparecen en color verde, la estructura y la cimentación cumplen todas las comprobaciones.

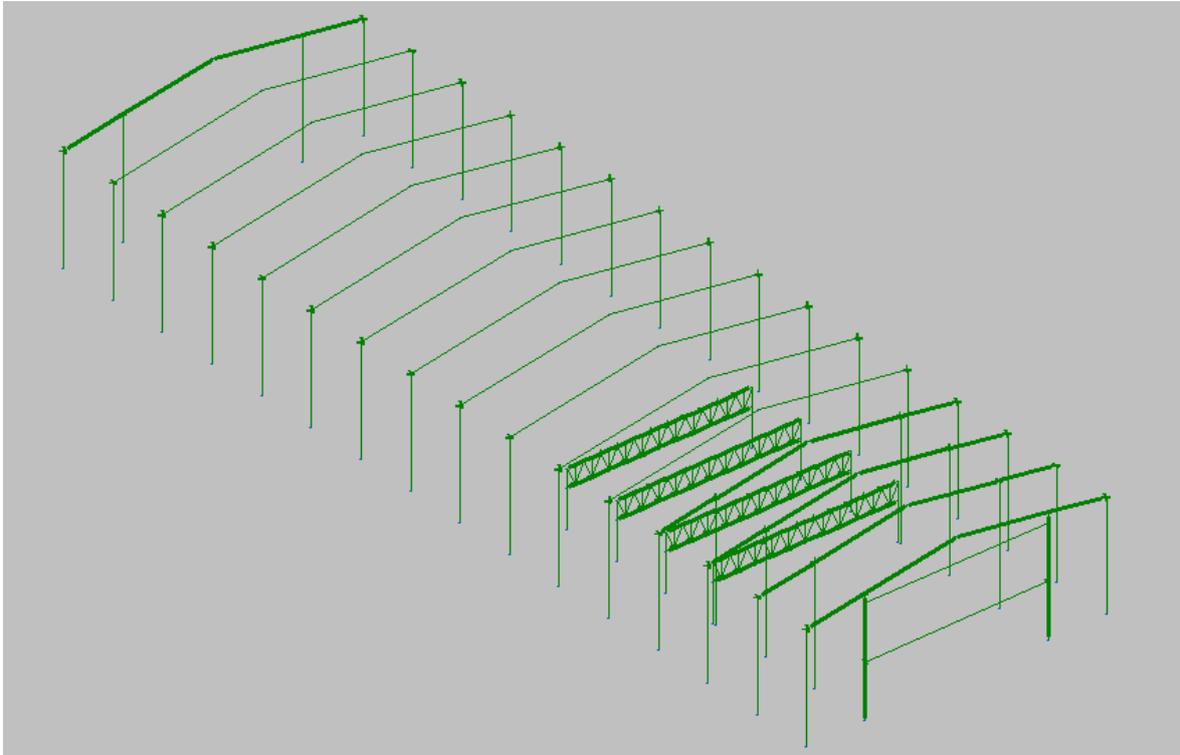


Figura 11. Estructura completa cumpliendo todas las comprobaciones de Cype.

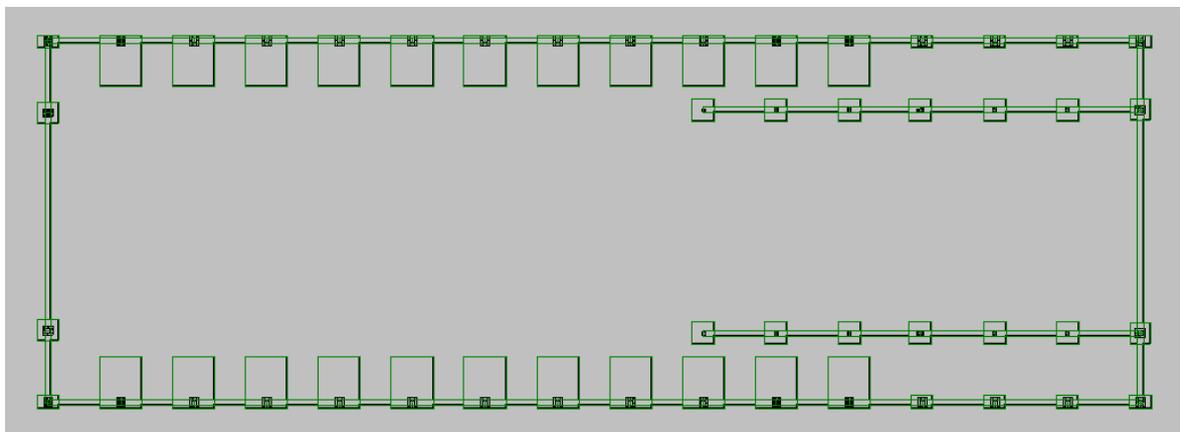


Figura 12. Cimentación cumpliendo todas las comprobaciones de Cype.

10. Diagramas de cortantes y momentos flectores

En este apartado, se realiza la comparación entre los diagramas de cortante y de momentos flectores obtenidos por el programa Cype y de forma analítica. Indicar que los

diagramas no serán iguales ni si quiere parecidos, ya que la hipótesis de cálculo tomada por Cype no es la misma que la que se ha utilizado en el cálculo analítico.

Primero se muestran los diagramas de cortantes.

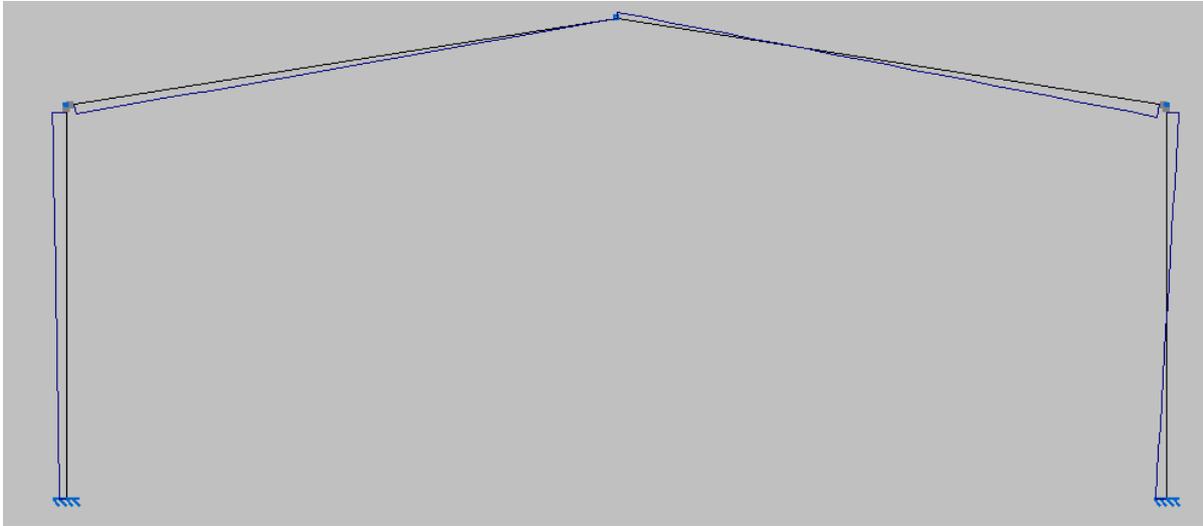


Figura 13. Diagrama de cortantes mediante Cype.

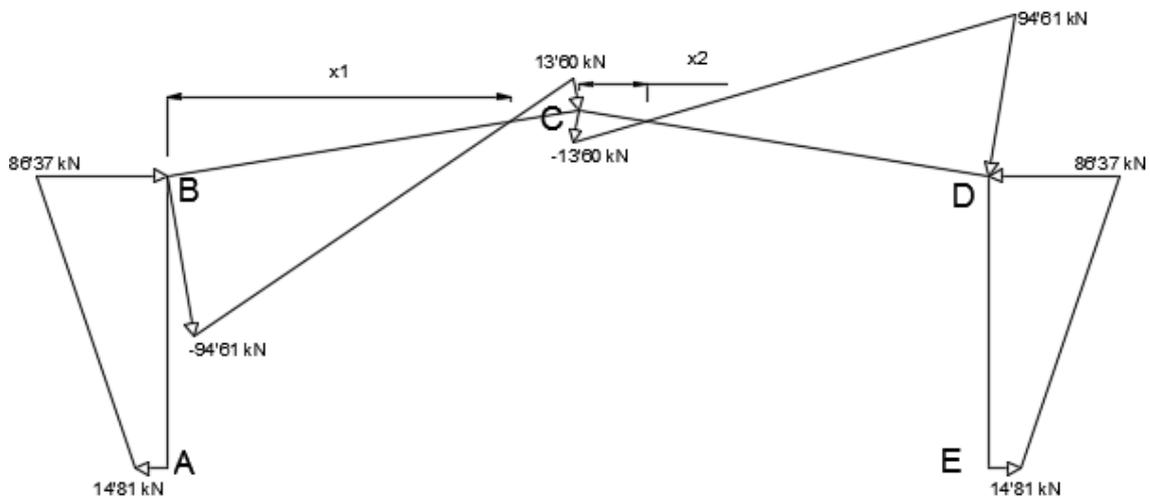


Figura 14. Diagrama de cortantes calculado analíticamente.

Por último, introducimos las imágenes con los diagramas de los momentos flectores.

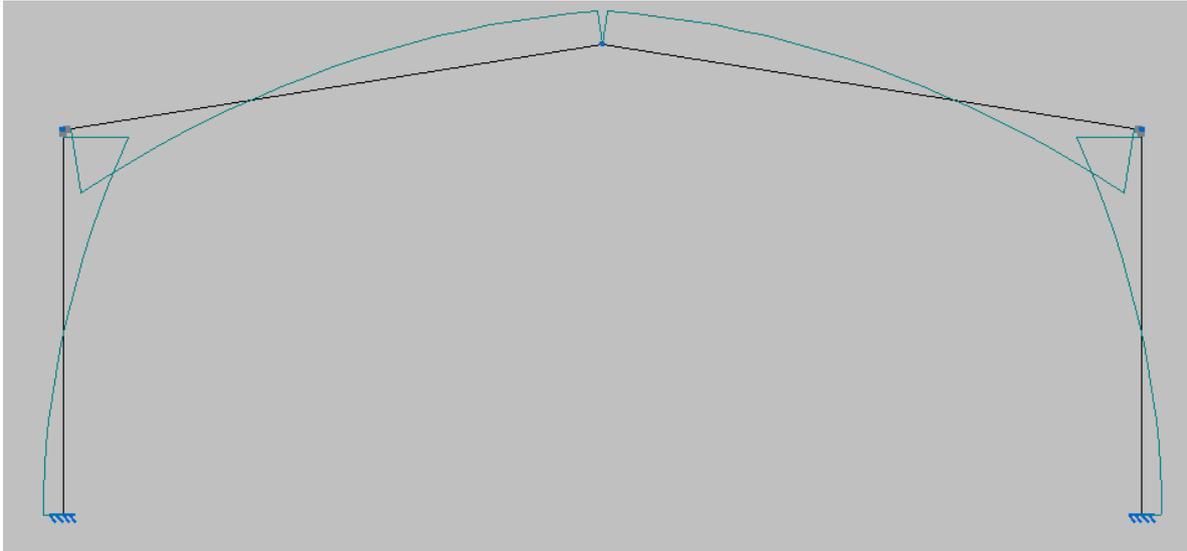


Figura 15. Diagrama de momento flectores mediante Cype.

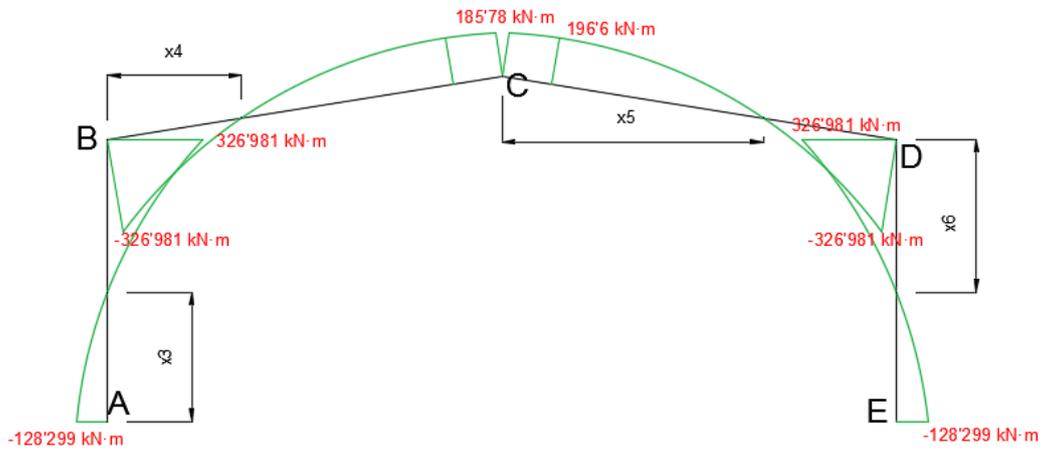


Figura 16. Diagrama de momento flectores calculado analíticamente.

Como se puede observar en los diagramas anteriores, los diagramas cortantes no se asemejan mucho sin embargo los diagramas de momentos si, lo cual quiere decir que, a pesar de no tener las mismas hipótesis, el resultado final es parecido.

En Béjar, a 4 de septiembre de 2017.

Fdo. D. Francisco Manuel García Ingelmo

ANEXO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

ÍNDICE

1. Instalación eléctrica	4
1.1. Reglamentación	4
1.2. Prescripciones Generales	4
1.2.1. Línea de alimentación	5
1.2.2. Derivación individual	5
1.2.3. Subcuadros y circuitos	5
1.2.4. Canalizaciones.....	6
1.2.5. Motores	6
1.2.6. Luminarias	6
1.2.7. Protecciones	7
2. Cálculos justificativos	7
2.1. Potencia subcuadro de fuerza.....	8
2.2. Potencia subcuadro de alumbrado.....	8
2.3. Potencia subcuadro de alumbrado de emergencia	9
2.4. Cálculos analíticos	9
2.4.1. Cálculo de la línea de alimentación.....	9
2.4.2. Cálculo de la derivación individual	12
2.4.3. Cálculo de los subcuadros	13
2.4.3.1. Subcuadro de fuerza.....	14

2.4.3.2. Subcuadro de alumbrado.....	18
2.4.3.3. Cuadro de alumbrado de emergencia	19
Referencias	21

1. Instalación eléctrica

1.1. Reglamentación

En el siguiente anexo, se expone la forma en que se ha calculado las dimensiones de los cables que se sitúan en la instalación. Para este anexo, también se realiza el esquema unifilar de la instalación. Tanto la realización de los cálculos como del esquema unifilar vienen sujetas a una serie de disposiciones que deben cumplir y que se recogen en las distintas normativas. Las normativas que se utilizan en este anexo son:

- Reglamento Electrónico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Guía Técnica de aplicación-Anexos, Cálculos de las Caídas de Tensión; Ministerio de Ciencia y Tecnología (ITC-BT-ANEXO 2); Edición: sep 03.
- Guía Técnica de aplicación: Instalaciones Interiores, Instalaciones Interiores o Receptoras; Ministerio de Ciencia y Tecnología (ITC-BT-19); Edición: feb 09.
- Guía Técnica de aplicación: Instalaciones de Enlace, Derivaciones Individuales; Ministerio de Ciencia y Tecnología (ITC-BT-15); Edición: sep 03.
- Guía Técnica de aplicación: Instalaciones de Enlace, Línea General de Alimentación; Ministerio de Ciencia y Tecnología (ITC-BT-14); Edición: sep 03.
- Redes Subterráneas para Distribución en Baja Tensión; Ministerio de Ciencia y Tecnología (ITC-BT-07).
- UNE 12464-1 "Iluminación de los lugares de trabajo en interior".
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre de 2000; "Actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica".
- Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimiento industriales (Real decreto 2267/2004 de 3 de diciembre).
- UNE-HD 60364-4-43:2013 "Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 4-43: Protección para garantizar la seguridad. Protección contra las sobreintensidades."

1.2. Prescripciones Generales

1.2.1. Línea de alimentación

La instalación eléctrica se suministra del centro de transformación más cercano en el polígono industrial de Béjar. La empresa suministradora es "IBERDROLA" y el suministro que recibe la instalación es una corriente trifásica de 400 V.

La línea de alimentación es la línea que se encarga de conectar el centro de transformación con la caja de protección y medida (CPM) de la instalación de la nave. En el interior de dicha caja, se encuentran un elemento de protección como es el fusible y el contador eléctrico de la instalación eléctrica de la nave. Está caja se sitúa fuera de la nave en la fachada principal.

1.2.2. Derivación individual

La derivación individual es el conducto que conecta la caja de protección y medida (CPM) con el cuadro general de mando y protección (CGMP). Este cuadro dispone de dos elementos de protección, un interruptor diferencial y un interruptor magnetotérmico. Por medio de diferentes líneas de alimentación, el cuadro general de mando y protección suministra corriente a los diferentes subcuadros de la instalación y estos suministran la corriente a sus diferentes circuitos.

1.2.3. Subcuadros y circuitos

La instalación interior de la nave se divide en 3 subcuadros: subcuadro de fuerza, subcuadro de alumbrado y subcuadro de alumbrado de emergencia. Cada subcuadro dispone de un interruptor diferencial y de un interruptor magnetotérmico, como elementos de protección y los circuitos se protegen por medio de interruptores magnetotérmicos.

Dentro del subcuadro de fuerza, hay 6 circuitos debido a la separación que se ha realizado a la hora de suministrar corriente a los diferentes elementos de fuerza. Hay un circuito para motores trifásicos, un circuito para motores monofásicos, un circuito para tomas trifásicas, un circuito para tomas monofásicas del taller, un circuito para tomas monofásicas de la sala de exposición y un circuito para tomas monofásicas de las oficinas. Esta división de las tomas monofásicas en 3 circuitos es debida a dos motivos que son que hay dos plantas (planta baja y primera planta) y que el cable de las tomas del taller va por fuera de la pared y el cable de las tomas monofásicas de la zona de exposición y de las oficinas va por el interior de las paredes.

Por otro lado, dentro del subcuadro de alumbrado, se encuentran 6 circuitos, cada uno de los cuales controla el suministro de corriente a las luminarias de diferentes zonas de la nave. Los circuitos son alumbrados de exposición, de oficina, de aparcamiento, de taller, de vestuarios y de almacén.

Por último, se subcuadro de alumbrado de emergencia suministra corriente a dos circuitos, uno para las luminarias de emergencia de los recorridos de evacuación de la planta baja y otro para las luminarias de emergencia del recorrido de evacuación de la primera planta.

1.2.4. Canalizaciones

Los conductores colocados en la instalación interior son multiconductores de cobre con aislamiento de polietileno reticulado. El tipo de cable es RZ1-K (AS) como indica la norma UNE 21.123-4. Para la línea de alimentación se utiliza el mismo tipo de cable, pero, se trata de un conductor unipolar de cobre y es subterráneo.

La colocación y sujeción de los conductores se realiza por medio de abrazares sobre las paredes y techos, aprovechando el recorrido de los dinteles de los pórticos (por ejemplo para la sujeción de las luminarias de la zona de taller).

Según el ITC-BT-19, apartado 2.2.4; los diferentes conductores eléctricos van señalizados de la siguiente forma:

- Conductor de protección (tierra): verde-amarillo.
- Conductor de fase: marrón o negro (en caso de tener una conexión trifásica, se usa también el color gris).
- Conductor neutro: azul claro.

1.2.5. Motores

En cuanto a las conducciones de alimentación de los motores, la instrucción ITC-BT-47 establece que se dimensionan de manera que por ellos puede discurrir una intensidad como mínimo de 125% de la que le corresponde al motor a plena carga.

Para facilitar su mantenimiento y limpieza, se colocan en sitios con fácil accesibilidad. Todas sus fases deben estar protegidas contra sobrecargas y cortocircuitos. Si el arranque del motor es un arranque estrella-triángulo, la protección asegura los circuitos de estrella y los circuitos de triángulo.

1.2.6. Luminarias

Tanto la disposición como la elección de las luminarias en la nave, se realiza por medio del programa Dialux. Este programa nos permite conocer el número de luminarias necesarias en función de la cantidad de lux que se necesita para cada estancia. La normativa que nos aporta la información acerca de la cantidad de lux que necesita cada estancia es la norma UNE 12464-1 "Iluminación de los lugares de trabajo en interior".

Por otro lado, la selección y disposición de las luminarias de emergencia se obtiene por medio del programa Daisalux. Para conocer esta disposición se necesita, primero conocer los recorridos de evacuación de la nave, y segundo, hay que seguir las indicaciones y necesidades recogidas por el Reglamento Electrónico de Baja Tensión (REBT).

En la elección de ambos tipos de luminarias, se colocan luminarias LED.

1.2.7. Protecciones

Todos los equipos de la instalación y todos los subcuadros y circuitos tendrán una conexión a tierra. Estas conexiones a tierra se realizan por medio de cable de cobre de tierra conectado a una piqueta de cobre. La longitud de dicha piqueta dependerá de la resistividad del terreno. Este parámetro es el que determina la resistencia de paso de cualquier tipo de intensidad de defecto. Estas intensidades de defecto no pueden ser superiores a la intensidad de defecto que produce una tensión de contacto superior a 50 V.

Además de la puesta a tierra, se colocan otros elementos de protección en la instalación. Uno de estos elementos son los interruptores diferenciales. Se coloca un interruptor diferencial en el cuadro general de mando y protección (CGMP) y se coloca un diferencial en cada uno de los subcuadros de la instalación (fuerza, alumbrado y alumbrado de emergencia). Estos interruptores disponen de una sensibilidad de intensidad de corriente y trabajan conjuntamente con las puestas a tierra. El diferencial se desconectará automáticamente cuando existe una derivación o defecto a tierra superior a la sensibilidad de este.

Otro de los elementos de protección que se encuentran en la instalación son los interruptores magnetotérmicos. En la instalación, se encuentra uno en el CGMP y uno en cada subcuadro y en cada circuito. Estos dispositivos protegen los elementos de la instalación y a la personas de sobrecargas y cortocircuitos.

Por último, también se encuentra como elemento de protección, el fusible. En esta instalación, se coloca un fusible en la caja de protección y medida (CPM) para proteger el contador general eléctrico de sobrecargas y cortocircuitos.

2. Cálculos justificativos

Este apartado muestra las operaciones que se realizan para determinar la sección de los cables que forman la instalación. Estas operaciones son las realizadas analíticamente por medio de fórmulas eléctricas. Los resultados se pueden comprobar con el programa Cypelec, con el cual se obtiene el esquema unifilar de la instalación. Pero antes de realizar

cualquier operación, hay que conocer la potencia de total de consumo del cuadro de fuerza, del cuadro de alumbrado y del cuadro de alumbrado de emergencia.

2.1. Potencia subcuadro de fuerza

Tag	Equipo	Potencia nominal [kW/Ud]	Tensión [V]	Coefficiente de simultaneidad	Unidades	Potencia absorbida sin coeficiente [kW]	Potencia absorbida [kW]
Zonas de oficinas, servicios públicos y exposición							
ZOSP1	Bomba de calor aire aire	10,00	400,00	1,00	1,00	10,00	10,00
ZOSP2	Calentador instantáneo	17,97	400,00	0,60	1,00	17,97	10,78
ZOSP3	Toma monofásica	0,17	230,00	0,80	13,00	2,25	1,80
Zona de taller							
ZT1	Elevador hidráulico de columna	2,20	400,00	0,80	4,00	8,80	7,04
ZT2	Compresor de 5,5 CV	4,05	400,00	0,70	1,00	4,05	2,84
ZT3	Puertas automáticas de taller	0,74	400,00	1,00	2,00	1,47	1,47
ZT4	Calentador instantáneo	24,07	400,00	0,60	1,00	24,07	14,44
ZT5	Cargador de baterías	0,08	230,00	0,70	3,00	0,25	0,18
ZT6	Desmontador de neumáticos	1,10	400,00	0,70	2,00	2,20	1,54
ZT7	Equilibradora de neumáticos (LAUNCH KWB-302)	0,26	230,00	0,70	2,00	0,52	0,36
ZT6	Toma trifásica	3,50	400,00	0,60	4,00	14,00	8,40
ZT7	Toma monofásica	0,17	230,00	0,60	21,00	3,63	2,18
TOTAL (sin coeficiente de simultaneidad)						89,22	
TOTAL							59,23

Tabla 1. Potencias del subcuadro de fuerza.

2.2. Potencia subcuadro de alumbrado

Tag	Equipo	Potencia nominal [kW/Ud]	Tensión [V]	Coefficiente de simultaneidad	Unidades	Potencia absorbida sin coeficiente [kW]	Potencia absorbida [kW]
Zona de oficinas							
ZO1	PHILIPS RC480B W30L120 CPC LED42S	0,04	230,00	1,00	38,00	1,63	1,63
Zona de exposición							
ZE1	PHILIPS RC480B W30L120 CPC LED42S	0,04	230,00	1,00	30,00	1,29	1,29
Zona de servicios públicos							
ZSP1	PHILIPS RC126B W62L62 LED34S	0,04	230,00	0,60	6,00	0,25	0,15
Zona de aparcamientos							
ZA1	PHILIPS RC480B W30L120 CPC LED42S	0,04	230,00	1,00	9,00	0,39	0,39
Zona de almacén							
ZA1'	PHILIPS RC480B W30L120 CPC LED42S	0,04	230,00	0,60	13,00	0,56	0,34
Zona de la cabina del almacén							
ZCA1	PHILIPS RC480B W30L120 CPC LED42S	0,04	230,00	1,00	1,00	0,04	0,04
Zona del taller							
ZT1	PHILIPS BY121P G3 LED205S/840	0,16	230,00	1,00	48,00	7,44	7,44
Zona de los vestuarios							
ZV1	PHILIPS RC480B W30L120 CPC LED42S	0,04	230,00	0,60	4,00	0,17	0,10
ZV2	PHILIPS RC126B W62L62 LED34S	0,04	230,00	0,60	4,00	0,16	0,10
TOTAL (sin coeficiente de simultaneidad)						11,94	
TOTAL							11,48

Tabla 2. Potencias del subcuadro de alumbrado.

2.3. Potencia subcuadro de alumbrado de emergencia

Tag	Equipo	Potencia nominal	Tensión	Coefficiente de simultaneidad	Unidades	Potencia absorbida sin coeficiente	Potencia absorbida
		[kW/Ud]	[V]			[kW]	[kW]
Zona de oficinas							
ZO2	HYDRA LD N3	0,01	230,00	1,00	8,00	0,06	0,06
Zona de exposición							
ZE2	HYDRA LD N3	0,01	230,00	1,00	7,00	0,06	0,06
Zona de servicios públicos							
ZSP2	HYDRA LD N3	0,01	230,00	1,00	6,00	0,05	0,05
Zona de aparcamientos							
ZA2	HYDRA LD N3	0,01	230,00	1,00	2,00	0,02	0,02
Zona de almacén							
ZA2'	HYDRA LD N3	0,01	230,00	1,00	5,00	0,04	0,04
Zona de la cabina del almacén							
ZCA2	HYDRA LD N3	0,01	230,00	1,00	1,00	0,01	0,01
Zona del taller							
ZT2	HYDRA LD N3	0,01	230,00	1,00	27,00	0,22	0,22
Zona de los vestuarios							
ZV3	HYDRA LD N3	0,01	230,00	1,00	4,00	0,03	0,03
TOTAL (sin coeficiente de simultaneidad)						0,48	
TOTAL							0,48

Tabla 3. Potencias del subcuadro de alumbrado de emergencia.

2.4. Cálculos analíticos

2.4.1. Cálculo de la línea de alimentación

Para calcular la sección de la línea de alimentación, se comprueba la caída de tensión de esta línea y se comprueba las sobrecargas. Para ello es necesario seguir las indicaciones que se recogen en el ITC-BT-14. Para líneas generales de alimentación destinadas a contadores individuales, la caída de tensión permitida es de 1% de la tensión de suministro que es de 400 V.

Se trata de una instalación exterior subterránea con cables directamente enterrados. El cable es unipolar del tipo RZ1-K (AS). Se trata de un cable de tensión asignada 0'6/1 kV con conductor de cobre clase 5 (-K), con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1). Se considera una temperatura del terreno de 25°C, una profundidad de instalación de 0'7 m y una resistividad térmica del terreno de 1 K·m/W. Para determinar la sección necesaria se utiliza la siguiente tabla.

tipo de instalación	Sección nominal del conductor (Cu), mm ²										
	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
tubos empotrados en pared de obra ⁽¹⁾	60	80	106	131	159	202	245	284	338	386	455
tubos en montaje superficial											
canal protectora											
conductos cerrados de obra de fábrica											
tubos enterrados ⁽²⁾	77	100	128	152	184	224	268	304	340	384	440

Nota 1: Según tabla 1 de la ITC-19, método B, columna 8, temperatura ambiente 40 °C,

Nota 2: ITC-BT 07 Apto. 3.1.2.1 y factor de corrección 0,8 según aptdo. 3.1.3

Tabla 4. Intensidad máxima admisible (A) en el conductor de cobre (cable unipolar RZ1-K). [1]

Sin embargo vemos que para nuestro caso de tubo enterrado, hay que utilizar el ITC-BT-07, en el cual se encuentra otra tabla, que es la que se utiliza para determinar la sección en función de la intensidad y del aislamiento. El factor de simultaneidad que se aplica es 0'8 según nos indica la tabla 5.

SECCIÓN NOMINAL mm ²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Tabla 5. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente). [2]

➤ **Comprobación de la caída de tensión**

Los datos de partida son:

- Potencia sin coeficiente de simultaneidad: 89220+11940+480=101640 W

- Potencia con el coeficiente de simultaneidad de 0'8: $101640 \cdot 0'8 = 81312 \text{ W}$
- Tensión de suministro: 400 V
- Factor de potencia: $\cos \varphi = 0'9$
- Longitud de la línea de alimentación: 28 m

$$\text{Trifásica} \rightarrow P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} \quad (1)$$

$$I = \frac{81312}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0'9} = 130'4 \text{ A}$$

$$I = 130'4 \text{ A} \xrightarrow{\text{cable tetrapolar}} s = 25 \text{ mm}^2 (150 \text{ A})$$

$$\Delta V_c = R \cdot I = \frac{\rho \cdot L \cdot P}{s \cdot V} \quad (2)$$

Dónde:

- ρ : resistividad del cobre = $1/56 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{mm}$

$$\Delta V_c = \frac{28 \cdot 81312}{56 \cdot 25 \cdot 400} = 4'07 \text{ V} > \Delta V_{adm} = 1\% \text{ de } 400 = 4 \text{ V} \rightarrow \text{No cumple}$$

Se aumenta la sección a $35 \text{ mm}^2 (180 \text{ A})$

$$\Delta V_c = \frac{28 \cdot 82176}{56 \cdot 35 \cdot 400} = 2'93 \text{ V} < \Delta V_{adm} = 1\% \text{ de } 400 = 4 \text{ V} \rightarrow \text{Cumple}$$

➤ **Comprobación de la sobrecargas**

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (3)$$

$$I_2 \leq 1'45 \cdot I_z \quad (4)$$

Dónde:

- I_b : intensidad utilizada en el circuito.
- I_z : intensidad permanente admisible del cable. Este valor se obtiene de la norma UNE-HD 60364-4-43, apartado 433.1 y apartado 433.3.
- I_n : sumatorio de las intensidades asignadas de los dispositivos de protección aguas abajo multiplicadas por los coeficientes de simultaneidad previstos. En esta caso, es la intensidad nominal del fusible de la derivación que sigue a la línea de suministro y cuya intensidad es de 200 A.
- I_2 : intensidad que asegura el efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. Dicha intensidad depende del fusible y se le asigna un valor de 320 A.
- Sección de $35 \text{ mm}^2 (174 \text{ A})$

$$131'79 < 200 > 174 \rightarrow \text{No cumple}$$
- Sección de $50 \text{ mm}^2 (214'6 \text{ A})$

$$131'79 < 200 < 214'6 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$320 < 1'45 \cdot 214'6 = 311'17 \rightarrow \text{No cumple}$$

- Sección de 70 mm² (259'74 A)

$$131'79 < 200 < 259'74 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$320 < 1'45 \cdot 259'74 = 376'62 \rightarrow \text{Cumple}$$

En definitiva, la sección de la línea de suministro que se coloca es de 70 mm².

2.4.2. Cálculo de la derivación individual

Se realizan las comprobaciones de caída de tensión y de sobrecargas. Para ello, hay que seguir las indicaciones recogidas en el ITC-BT-15. Para el caso de derivaciones individuales en suministros para un único usuario, la caída de tensión máxima admisible es 1'5% de la tensión de suministro que es 400 V.

Se trata de una instalación interior superficial con cable multipolar al aire libre sobre abrazaderas. El cable es multiconductor del tipo RZ1-K (AS). Se trata de un cable de tensión asignada 0'6/1 kV con conductor de cobre clase 5 (-K), con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1). Para determinar la sección necesaria se utiliza la siguiente tabla.

tipo de instalación		Intensidad max. admisible en el conductor (A)											
		Sección nominal del conductor (Cu) (mm ²)											
		6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
tubos enterrados ⁽¹⁾	sm	65	86	113	147	176	-	-	-	-	-	-	-
	st	53	70	92	120	144	172	208	248	284	320	360	416
tubos empotrados, tubos en montaje superficial, canales protectoras, conductos cerrados de obra de fábrica ⁽²⁾	sm	49	68	91	116	144	-	-	-	-	-	-	-
	st	44	60	80	106	131	159	202	245	284	338	386	455

Nota 1: Basada en ITC-BT 07, 3.1.3, temperatura terreno 25 °C,
 Nota 2: Según tabla 1 de la ITC-19, método B, columna 8, temperatura ambiente 40 °C,
 Nota 3: sm: suministro monofásico;
 st: suministro trifásico

Tabla 6. Cable multiconductor RZ1-K (0'6/1 kV). [3]

➤ Comprobación de la caída de tensión

Los datos de partida son:

- Potencia sin coeficiente de simultaneidad: 89220+11940+480=101640 W
- Potencia con el coeficiente de simultaneidad de 0'8: 101640·0'8= 81312 W
- Tensión de suministro: 400 V
- Factor de potencia: $\cos \varphi = 0'9$
- Longitud de la línea de alimentación: 0'5 m

$$\text{Trifásica} \rightarrow P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} \quad (1)$$

$$I = \frac{81312}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0'9} = 130'4 \text{ A}$$

$$I = 130'4 \text{ A} \xrightarrow{\text{suministro trifásico}} s = 35 \text{ mm}^2 \text{ (131 A)}$$

$$\Delta V_c = R \cdot I = \frac{\rho \cdot L \cdot P}{s \cdot V} \quad (2)$$

$$\Delta V_c = \frac{0'5 \cdot 81312}{56 \cdot 35 \cdot 400} = 0'052 \text{ V} < \Delta V_{adm} = 1'5\% \text{ de } 400 = 6 \text{ V} \rightarrow \text{Cumple}$$

➤ **Comprobación de la sobrecargas**

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (3)$$

$$I_2 \leq 1'45 \cdot I_z \quad (4)$$

Dónde:

- I_b : intensidad de diseño del circuito.
- I_z : intensidad permanente admisible del cable. El valor de esta intensidad se obtiene de la norma UNE-HD 60364-4-43, apartado 433.1.
- I_n : intensidad asignada del dispositivo de protección. Se trata de la intensidad nominal del fusible de la derivación y su intensidad es 200 A.
- I_2 : intensidad que asegura el efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. Dicha intensidad depende del fusible y se le asigna un valor de 320 A.
- Sección de 35 mm² (152'64 A)

$$131'79 < 200 > 152'64 \rightarrow \text{No cumple}$$
- Sección de 50 mm² (174'72 A)

$$131'79 < 200 > 174'72 \rightarrow \text{No cumple}$$
- Sección de 70 mm² (223'86 A)

$$131'79 < 200 < 223'86 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$320 < 1'45 \cdot 223'86 = 324'6 \rightarrow \text{Cumple}$$

En definitiva, la sección de la línea de suministro que se coloca es de 70 mm².

2.4.3. Cálculo de los subcuadros

El procedimiento que se realiza para obtener la sección del cable de cada cuadro es el mismo. Consiste en calcular la caída de tensión en el punto de consumo más alejado de cada cuadro y observar que este valor es inferior a los que nos indica la normativa. En el caso de los cuadros de alumbrado, la caída de tensión ha de ser inferior al 4'5% de la tensión de suministro, en estos casos es 230 V. En el caso del cuadro de fuerza, la caída de

tensión ha de ser inferior al 6'5 % de la tensión de suministro, que para esta caso resulta ser de 400 V.

La sección que se obtiene es la que se coloca en todos los circuitos del cuadro. Se podría calcular la sección que necesitaría cada circuito pero para evitar posibles equivocaciones en el montaje y para reducir el coste, se coloca la misma sección en todos. El valor de potencia que se usa para realizar los cálculos es el valor de la potencia con los coeficientes de simultaneidad aplicados. Al igual que con la sección, las características de los interruptores magnetotérmicos de cada circuito son las mismas que las de los interruptores magnetotérmicos de los cuadros.

La instalación de la nave es una instalación no enterrada de cable con conductor de cobre.

A parte de comprobar que cumple los valores máximos de caída de tensión, hay que comprobar que cumple las comprobaciones de sobrecarga y de características de los dispositivos de protección contra cortocircuitos.

2.4.3.1. Subcuadro de fuerza

➤ **Comprobación de caída de tensión**

En este apartado, hay que tener en cuenta que la norma nos indica que hay que dimensionar los cables para que puedan suministrar una intensidad mínima del 125% de la que necesite el motor a plena carga. Los datos iniciales son:

- Potencia con coeficiente de simultaneidad: 59230 W
- Potencia necesaria: 125% de $P = 1'25 \cdot 59230 = 74037'5$ W
- Tensión de suministro: 400 V
- Factor de potencia: $\cos \varphi = 0'9$
- Longitud de cable al elemento más alejado: 167'84 m

El tipo de cable que se utiliza es un cable multiconductor de cobre, con aislamiento de polietileno reticulado, sujeto por abrazaderas en la pared. El primer paso es calcular la intensidad de corriente. Con este valor de intensidad, se dirige a la siguiente tabla, que nos aporta la GUÍA-BT-19, que nos indica la sección que le corresponde a cada cable en función del valor de la intensidad. También va en función de la clasificación que se hace del cable que se usa. En nuestro caso, el cable escogido se encuentra dentro de la categoría E.

			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes											
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR			2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0.3D					3x PVC			2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D						3x PVC				3x XLPE o EPR	
G		Cables unipolares separados mínimo D									3x PVC	3x XLPE o EPR	
Cobre	mm ²		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	-	18	21	24	-
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	-	25	29	33	-
	4	20	21	23	24	27	30	-	-	34	38	45	-
	6	25	27	30	32	36	37	-	-	44	49	57	-
	10	34	37	40	44	50	52	-	-	60	68	76	-
	16	45	49	54	59	66	70	-	-	80	91	105	-
	25	59	64	70	77	84	88	96	-	106	116	123	166
	35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	166	206
	50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	206	250
	70				149	160	171	188	202	224	244	264	321
	95				180	194	207	230	245	271	296	321	391
	120				208	225	240	267	284	314	348	388	455
150				236	260	278	310	338	363	404	452	525	
185				268	297	317	354	386	415	464	525	601	
240				315	350	374	419	455	490	552	611	711	
300				360	404	423	484	524	565	640	721	821	

Tabla 7. Intensidades admisibles (A) al aire 40°C. Nº de conductores con carga y naturaleza del aislamiento. [4]

$$Trifásica \rightarrow P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} \quad (1)$$

$$I = \frac{74037'5}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0'9} = 118'74 \text{ A}$$

$$I = 118'74 \text{ A} \xrightarrow{\text{categoría E; 3X XLPE}} s = 35 \text{ mm}^2 \text{ (144 A)}$$

$$\Delta V_c = R \cdot I = \frac{\rho \cdot L \cdot P}{s \cdot V} \quad (2)$$

$$\Delta V_c = \frac{167'84 \cdot 74037'5}{56 \cdot 35 \cdot 400} = 15'85 \text{ V} < \Delta V_{adm} = 6'5\% \text{ de } 400 = 26 \text{ V} \rightarrow \text{Cumple}$$

➤ **Comprobación de sobrecargas**

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (3)$$

$$I_2 \leq 1'45 \cdot I_z \quad (4)$$

Dónde:

- I_b : intensidad utilizada en el circuito
- I_z : intensidad admisible de la canalización siguiendo la norma UNE 20-460/5-523, a partir de la cual se realiza el ITC-BT-19.
- I_n : intensidad nominal del dispositivo de protección. En este caso intensidad de corte del magnetotérmico.
- I_2 : intensidad que asegura el funcionamiento del dispositivo de protección.

Como elemento de protección hay interruptor magnetotérmico. Se coloca un interruptor magnetotérmico de intensidad nominal 160 A y con una intensidad efectiva asegurada en funcionamiento de 232 A.

- Sección de 35 mm² (144 A)

$$118'74 < 160 > 144 \rightarrow \text{No cumple}$$

- Sección de 50 mm² (175 A)

$$118'74 < 160 < 177 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$232 < 1'45 \cdot 177 = 256'65 \rightarrow \text{Cumple}$$

Sin embargo, no se han terminado de comprobar este tipo de conductor ya que falta por comprobar las características de los dispositivos de protección contra cortocircuitos. Para realiza esta comprobación se utiliza el ITC-BT-22. Esta normativa nos aporta la siguiente ecuación para realizar la comprobación.

- **Comprobación de características de los dispositivos de protección contra cortocircuitos**

$$I_{cc \text{ mín}} > I_m \quad (5)$$

Siendo:

- $I_{cc \text{ mín}}$: corriente de cortocircuito mínima de la sección del conductor. Para la sección de 50 mm², se le asigna un valor de corriente de cortocircuito mínima de 1'23 kA.
- I_m : corriente mínima que asegura el disparo del magnetotérmico. Para el magnetotérmico seleccionado, su corriente de disparo es 1'28 kA.

$$1'23 < 1'28 \rightarrow \text{No cumple}$$

Lo que se hace es modificar la sección para que aumente así el valor de la intensidad de corriente de cortocircuito mínima de la sección. Por lo tanto, se selecciona una sección de conductor de 70 mm², a la cual se le asigna un valor de corriente de cortocircuito mínima de 1'47 kA.

$$1'47 > 1'28 \rightarrow \text{Cumple}$$

Las comprobaciones anteriores se varían, sin embargo, como sólo se modifica el valor de la sección y este aumenta, las comprobaciones anteriores se siguen cumpliendo.

Por lo que la sección de los conductores del cuadro de fuerza es de 70 mm². El magnetotérmico que se coloca en cada circuito del cuadro es un magnetotérmico industrial con una intensidad nominal de 160 A y con un poder corte último de 10 kA. El interruptor diferencial que se coloca en el cuadro es un interruptor con una intensidad nominal de 250 A y una sensibilidad de 100 mA.

Hay que tener en cuenta que la categoría de los conductores de los circuitos de las tomas monofásicas de la exposición y de las tomas monofásicas de las oficinas no es la categoría E utilizada, sino que, se trata de la categoría A2, ya que los conductores van por el interior de la pared. Se deja la misma sección del conductor que se ha obtenido.

Sin embargo, el interruptor magnetotérmico que se coloca en cada circuito no es el mismo, ya que el valor de la intensidad admisible del cable es inferior a la intensidad nominal del elemento de protección. Por tanto el magnetotérmico que se coloca para cada uno de estos dos circuitos es un magnetotérmico doméstico con una intensidad nominal de 6 A, con un poder de corte de 10 kA y con una intensidad efectiva asegurada en funcionamiento de 8'7 A.

Para realizar las comprobaciones de sobrecarga, es necesario conocer la potencia que hay por cada circuito y obtener el valor de la intensidad que le corresponde a la potencia de cada circuito. La comprobación de caída de tensión no es necesaria ya que la sección que se utiliza cumple para una potencia mayor a la que le corresponde a cada circuito individual. Basta con comprobar la sobrecarga en el circuito con mayor potencia de los dos. Ese circuito es el circuito de las tomas monofásicas de las oficinas.

- **Circuito de tomas monofásicas de las oficinas**

La potencia correspondiente a este circuito es 1088 W, ya aplicados los coeficientes de simultaneidad. No se puede olvidar que hay que dimensionar los conductores para que puedan suministrar una intensidad mínima del 125%. Por lo que el valor de potencia que se utiliza para los cálculos son 1360 W.

$$\text{Trifásica} \rightarrow P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} \quad (1)$$

$$I = \frac{1360}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0'9} = 2'18 \text{ A}$$

- **Comprobación de sobrecargas**

- Sección de 70 mm² (149 A) con magnetotérmico de 6 A

$$2'18 < 6 < 149 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$8'7 < 1'45 \cdot 149 = 216'05 \rightarrow \text{Cumple}$$

Por lo tanto, los conductores de estos circuitos tienen una sección de 70 mm² y los magnetotérmicos que se colocan son los que se han comprobado. Como los magnetotérmicos son inferiores a los que se colocan en los otros circuitos no es necesario realizar la comprobación de características de los dispositivos de protección contra cortocircuitos ya que la corriente mínima del disparo del magnetotérmico es inferior a la anterior y cumpliría.

2.4.3.2. Subcuadro de alumbrado

➤ Comprobación de la caída de tensión

Los datos iniciales son:

- Potencia con coeficiente de simultaneidad: 11480 W
- Tensión de suministro: 230 V
- Factor de potencia: $\cos \varphi = 0.9$
- Longitud de cable al elemento más alejado: 157 m

El tipo de cable que se utiliza es un cable multiconductor de cobre, con aislamiento de polietileno reticulado, sujeto por abrazaderas en la pared. El primer paso es calcular la intensidad de corriente. Para obtener la sección, se utiliza la tabla 4 y se obtiene el valor de la sección en función de la intensidad que se obtiene con la potencia del cuadro de alumbrado y en función de la categoría del cable, que se corresponde con la categoría E.

$$\text{Monofásica} \rightarrow P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \rightarrow I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} \quad (6)$$

$$I = \frac{11480}{230 \cdot 0.9} = 55.46 \text{ A}$$

$$I = 55.46 \text{ A} \xrightarrow{\text{categoría E; 2X XLPE}} s = 6 \text{ mm}^2 \text{ (57 A)}$$

$$\Delta V_c = 2 \cdot R \cdot I = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{s \cdot V} \quad (7)$$

$$\Delta V_c = \frac{2 \cdot 157 \cdot 11480}{56 \cdot 6 \cdot 230} = 46.64 \text{ V} > \Delta V_{adm} = 4.5\% \text{ de } 230 = 10.35 \text{ V} \rightarrow \text{No cumple}$$

Se aumenta la sección a 10 mm² (76 A)

$$\Delta V_c = \frac{2 \cdot 157 \cdot 11480}{56 \cdot 10 \cdot 230} = 27.99 \text{ V} > \Delta V_{adm} = 4.5\% \text{ de } 230 = 10.35 \text{ V} \rightarrow \text{No cumple}$$

Se aumenta la sección a 16 mm² (105 A)

$$\Delta V_c = \frac{2 \cdot 157 \cdot 11480}{56 \cdot 16 \cdot 230} = 17.49 \text{ V} > \Delta V_{adm} = 4.5\% \text{ de } 230 = 10.35 \text{ V} \rightarrow \text{No cumple}$$

Se aumenta la sección a 25 mm² (123 A)

$$\Delta V_c = \frac{2 \cdot 157 \cdot 11480}{56 \cdot 25 \cdot 230} = 11'19 \text{ V} > \Delta V_{adm} = 4'5\% \text{ de } 230 = 10'35 \text{ V} \rightarrow \text{No cumple}$$

Se aumenta la sección a 35 mm² (123 A)

$$\Delta V_c = \frac{2 \cdot 157 \cdot 11480}{56 \cdot 35 \cdot 230} = 8 \text{ V} < \Delta V_{adm} = 4'5\% \text{ de } 230 = 10'35 \text{ V} \rightarrow \text{Cumple}$$

➤ **Comprobación de sobrecargas**

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (3)$$

$$I_2 \leq 1'45 \cdot I_z \quad (4)$$

Como elemento de protección hay interruptor magnetotérmico. Se coloca un interruptor magnetotérmico de intensidad nominal 63 A y con una intensidad efectiva asegurada en funcionamiento de 91'35 A.

- Sección de 35 mm² (154 A)

$$60'68 < 63 < 154 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$91'35 < 1'45 \cdot 154 = 223'3 \rightarrow \text{Cumple}$$

➤ **Comprobación de características de los dispositivos de protección contra cortocircuitos**

$$I_{cc \text{ mín}} > I_m \quad (5)$$

Siendo:

- $I_{cc \text{ mín}}$: corriente de cortocircuito mínima de la sección del conductor. Para la sección de 35 mm², se le asigna un valor de corriente de cortocircuito mínima de 0'63 kA.
- I_m : corriente mínima que asegura el disparo del magnetotérmico. Para el magnetotérmico seleccionado, su corriente de disparo es 0'4 kA.

$$0'63 > 0'4 \rightarrow \text{Cumple}$$

La sección de los conductores del cuadro de alumbrado es de 35 mm². El magnetotérmico que se coloca en cada circuito del cuadro es un magnetotérmico industrial con una intensidad nominal de 63 A y con un poder corte último de 10 kA. El interruptor diferencial que se coloca en el cuadro es un interruptor con una intensidad nominal de 160 A y una sensibilidad de 100 mA.

2.4.3.3. Cuadro de alumbrado de emergencia

➤ **Comprobación de la caída de tensión**

Los datos iniciales son:

- Potencia con coeficiente de simultaneidad: 480 W
- Tensión de suministro: 230 V
- Factor de potencia: $\cos \varphi = 0'9$
- Longitud de cable al elemento más alejado: 166'205 m

El tipo de cable que se utiliza es un cable multiconductor de cobre, con aislamiento de polietileno reticulado, sujeto por abrazaderas en la pared. Lo primero es calcular la intensidad de corriente. Para obtener la sección, se utiliza la tabla 4 y se obtiene el valor de la sección en función de la intensidad que se obtiene con la potencia del subcuadro de alumbrado y en función de la categoría del cable, que se corresponde con la categoría E.

$$\text{Monofásica} \rightarrow P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \rightarrow I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} \quad (6)$$

$$I = \frac{480}{230 \cdot 0'9} = 2'32 \text{ A}$$

$$I = 2'32 \text{ A} \xrightarrow{\text{categoría E; 2X XLPE}} s = 1'5 \text{ mm}^2 \text{ (24 A)}$$

$$\Delta V_c = 2 \cdot R \cdot I = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{s \cdot V} \quad (7)$$

$$\Delta V_c = \frac{2 \cdot 166'205 \cdot 480}{56 \cdot 1'5 \cdot 230} = 8'26 \text{ V} > \Delta V_{adm} = 4'5\% \text{ de } 230 = 10'35 \text{ V} \rightarrow \text{Cumple}$$

➤ **Comprobación de sobrecargas**

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (3)$$

$$I_2 \leq 1'45 \cdot I_z \quad (4)$$

Como elemento de protección hay interruptor magnetotérmico en cada circuito. Se coloca un interruptor magnetotérmico de intensidad nominal 6 A y con una intensidad efectiva asegurada en funcionamiento de 8'7 A.

- Sección de 35 mm² (154 A)

$$2'32 < 6 < 24 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$8'7 < 1'45 \cdot 24 = 34'8 \rightarrow \text{Cumple}$$

➤ **Comprobación de características de los dispositivos de protección contra cortocircuitos**

$$I_{cc \text{ mín}} > I_m \quad (5)$$

Siendo:

- $I_{cc \text{ mín}}$: corriente de cortocircuito mínima de la sección del conductor. Para la sección de 35 mm², se le asigna un valor de corriente de cortocircuito mínima de 0'07 kA.
- I_m : corriente mínima que asegura el disparo del magnetotérmico. Para el magnetotérmico seleccionado, su corriente de disparo es 0'06 kA.

$$0'07 > 0'06 \rightarrow \text{Cumple}$$

La sección de los conductores del cuadro de alumbrado es de 1'5 mm². El magnetotérmico que se coloca en cada circuito del cuadro es un magnetotérmico industrial

con una intensidad nominal de 6 A y con un poder corte último de 10 kA. El interruptor diferencial que se coloca en el subcuadro es un interruptor con una intensidad nominal de 25 A y una sensibilidad de 30 mA.

Referencias

[1] http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/ITC_BT_07.pdf (31 de Julio de 2017)

[2] http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia_bt_14_sep03R1.pdf (31 de Julio de 2017)

[3] http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia_bt_15_sep03R1.pdf (31 de Julio de 2017)

[4] http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia_bt_19_feb09R2.pdf (31 de Julio de 2017)

En Béjar, a 4 de septiembre de 2017.

Fdo. D. Francisco Manuel García Ingelmo

**ANEXO:
INSTALACIÓN DE
ABASTECIMIENTO
DE AGUA**

ÍNDICE

1. Antecedentes.....	3
2. Suministro de ACS	3
2.1. Vestuarios	3
2.2. Servicios públicos.....	5
3. Caracterización y cuantificación de las exigencias.....	6
4. Dimensionado de la red de suministro de agua.....	12
Referencias	17

1. Antecedentes

En este anexo se dimensiona la red de abastecimiento de agua para una nave industrial situada en el polígono de Béjar. La presión inicial que aporta la acometida en dicho polígono es de 100 mca. Es necesario colocar válvulas reductoras de presión ya que la presión que debe llegar a la nave no debe ser superior a 50 mca. La red se dimensiona en función de la velocidad y del caudal de agua. La instalación debe ser capaz de suministrar agua, a la presión que se requiere, a los diferentes elementos que se indican a continuación.

Zona de la nave	Elemento	Número de elementos
Servicios (Zona de exposición)	Inodoro con cisterna	3
	Lavabo	3
Box (Zona del taller)	Toma de agua	3
Vestuarios (Zona del taller)	Lavabo	4
	Inodoro con cisterna	2
	Mingitorio	2
	Ducha	2

Tabla 1. Elementos de suministro de agua.

Para el dimensionado de los caudales, diámetros y presiones de las tuberías se utiliza el Código Técnico de la Edificación y dentro de éste se recurre al Documento Básico HS (salubridad). El artículo que se utiliza de dicho documento es el HS4.

Algunos tramos de la instalación van por el cerramiento lateral a una altura de 1 metro y otros van por debajo del pavimento de la nave a una profundidad de 0'8 metros. Se calcula primero el suministro de ACS ya que es necesario conocer el caudal del elemento de calefacción para tenerlo en cuenta en el dimensionamiento de la instalación de suministro de agua fría.

2. Suministro de ACS

2.1. Vestuarios

Se instala un sistema de calentamiento instantáneo, ya que el suministro de ACS está destinado para los lavabos de los servicios públicos y de los vestuarios y para las duchas de los vestuarios y el uso de estos aparatos es alterno y reducido. Para determinar la potencia útil mínima o el caudal mínimo del calentador, se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1) \quad (1)$$

Dónde:

- P: potencia útil del calentador instantáneo (Kcal/min).
- m: masa de agua calentada (l/min).
- c: calor específico del agua, cuyo valor es 1.
- T₂: temperatura de salida del agua (°C)
- T₁: temperatura de entrada del agua (°C).

El procedimiento que se sigue para determinar el tipo de calentador que se coloca es el siguiente. Como masa de agua se toma el mayor caudal instantáneo mínimos de entre todos los aparatos que necesitan de ACS. En este caso, el aparato con mayor caudal instantáneo mínimo de ACS es la ducha, cuyo valor es de 0'1 dm³/s. Como cada vestuario dispone de una ducha y ambas pueden funcionar a la vez, el caudal que se escoge finalmente para obtener la potencia que debe suministrar el calentador es de 0'2 dm³/s, es decir, el caudal mínimo de ACS de 2 duchas. Cogiendo este caudal estamos del lado de la seguridad. Solo queda saber los valores de T₂ y de T₁ para poder obtener la potencia útil mínima que debe suministrar el calentador.

La normativa nos indica que la temperatura del agua proveniente de la red oscila entre 10° y 15°. En este caso se toma que el valor de T₁ es 15°. Para obtener el valor de T₂, la normativa aporta una tabla que recoge los valores de intervalo de temperaturas y valor medio en °C de los diferentes aparatos sanitarios. Para la ducha, el valor medio es de 40°C. Ya se dispone de todos los datos para calcular la potencia del calentador instantáneo.

$$P = 0'2 \frac{l}{s} \cdot 60 \frac{s}{min} \cdot (40^{\circ}C - 15^{\circ}C) = 300 \frac{kcal}{min} = 20'93 kW$$

La normativa aporta una tabla en la que se recoge la potencia y el caudal a 40°C (l/min) de los distintos tipos de caldera en función de los puntos de consumo. Para este caso, se escogería la opción de 23'25 kW. El número de puntos de consumo es de 12, lo cual es suficiente para la instalación de la nave ya que el número de puntos de consumo de ACS es 6 (4 lavabos y 2 duchas). El caudal necesario para el valor de potencia obtenido es:

$$m = \frac{P}{(T_2 - T_1) \cdot c} = \frac{300}{(40 - 15)} = 12 \frac{l}{min}$$

El calentador instantáneo que se escoge es un calentador instantáneo eléctrico JUNKERS ED24_2S o similar, cuyos datos característicos son:

Modelo	ED 6	ED 18 - 2 S	ED 21 - 2 S	ED 24 - 2 S
	 A	 A	 A	 A
	 Ficha del producto	 Ficha del producto	 Ficha del producto	 Ficha del producto
Dimensiones (Alto x Ancho x Fondo; en mm.)	250 x 144 x 100	472 x 236 x 139	472 x 236 x 139	472 x 236 x 139
Potencia útil	6	-	-	-
Con el mando en modo I	-	6 - 12	7 - 14	8 - 16
Con el mando en modo II	-	9 - 18	10,5 - 21	12 - 24
Presión de encendido (bar)	1	1	1	1
Caudal característico $\Delta T=25^{\circ}\text{C}$ (l/min)	3,4	10,3	12,0	13,8
Tensión de suministro	220V-240V	400 V3	400 V3~	400 V3~

Tabla 2. Datos de diferentes modelos de calentadores instantáneo eléctricos. [4]

2.2. Servicios públicos

Se instala un sistema de calentamiento instantáneo, ya que el suministro de ACS está destinado para los lavabos de los servicios públicos y de los vestuarios y para las duchas de los vestuarios y el uso de estos aparatos es alterno y reducido. Para determinar la potencia útil mínima o el caudal mínimo del calentador, se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1) \quad (1)$$

Dónde:

- P: potencia útil del calentador instantáneo (Kcal/min).
- m: masa de agua calentada (l/min).
- c: calor específico del agua, cuyo valor es 1.
- T_2 : temperatura de salida del agua ($^{\circ}\text{C}$)
- T_1 : temperatura de entrada del agua ($^{\circ}\text{C}$).

El procedimiento que se sigue para determinar el tipo de calentador que se coloca es el siguiente. Como masa de agua se toma el mayor caudal instantáneo mínimos de entre todos los aparatos que necesitan de ACS. En este caso, el aparato con mayor caudal instantáneo mínimo de ACS es el lavabo, cuyo valor es de $0'065 \text{ dm}^3/\text{s}$. Para estar del lado de la seguridad, se calcula la potencia que debe suministrar el calentador con un caudal con

un valor un poco superior a este. Dicho valor es de $0'1 \text{ dm}^3/\text{s}$. Solo queda saber los valores de T_2 y de T_1 para poder obtener la potencia útil mínima que debe suministrar el calentador.

La normativa nos indica que la temperatura del agua proveniente de la red oscila entre 10° y 15° . En este caso se toma que el valor de T_1 es 15° . Para obtener el valor de T_2 , la normativa aporta una tabla que recoge los valores de intervalo de temperaturas y valor medio en $^\circ\text{C}$ de los diferentes aparatos sanitarios. Para la ducha, el valor medio es de 40°C . Ya se dispone de todos los datos para calcular la potencia del calentador instantáneo.

$$P = 0'1 \frac{l}{s} \cdot 60 \frac{s}{min} \cdot (40^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}) = 150 \frac{kcal}{min} = 10'47 \text{ kW}$$

La normativa aporta una tabla en la que se recoge la potencia y el caudal a 40°C (l/min) de los distintos tipos de caldera en función de los puntos de consumo. Para este caso, se escogería la opción de $13'95 \text{ kW}$. El número de puntos de consumo es de 5, lo cual es suficiente para la instalación de la nave ya que el número de puntos de consumo de ACS es 3 (3 lavabos). El caudal necesario para el valor de potencia obtenido es:

$$m = \frac{P}{(T_2 - T_1) \cdot c} = \frac{150}{(40 - 15)} = 6 \frac{l}{min}$$

El calentador instantáneo que se escoge es un calentador instantáneo eléctrico JUNKERS ED18_2S o similar, cuyos datos característicos están recogidos en la tabla 11.

3. Caracterización y cuantificación de las exigencias

La instalación de suministro de agua proyectada sobre la nave industrial es de la siguiente forma: la acometida principal se sitúa delante de la fachada principal de la nave. El punto donde se conecta la acometida con la instalación se designa como el punto 6. En el primer tramo de la instalación se encuentra la arqueta del contador general, en la cual está el contador general, la válvula reductora (ya que la presión de la acometida es de 100 mca y como máximo debe entrar a la instalación 50 mca) y la llave de registro. El siguiente punto principal de la nave es el punto donde se produce la bifurcación en dos ramas, una destinada a los servicios públicos y otra destinada a los vestuarios y las tomas de agua. Este punto se enumera como punto 5. Este primer tramo va por debajo del pavimento a una profundidad de $0'8$ metros hasta llegar a la nave por donde va a través del cerramiento lateral a una altura de 1 metro.

El tramo destinado a los servicios públicos suministra agua fría a 6 aparatos sanitarios, 3 lavabos y 3 inodoros, además de suministrar agua fría a un calentador instantáneo que aporta agua caliente sanitaria (ACS) a los 3 lavabos. Este tramo se divide a

su vez en 4 tramos que van numerados del 1 al 5 y va por debajo del pavimento a una profundidad de 0'8 metros. Estos tramos son para calcular la presión que le llega a los aparatos sanitarios más desfavorables. En este caso, son dos los aparatos más desfavorables, el último lavabo (punto 3), ya que es el elemento que se encuentra a mayor altura de estos aparatos; y el último inodoro (punto 1), ya que es el elemento más alejado de este tramo.

El tramo que va hacia las tomas de agua y a los vestuarios continua por el cerramiento lateral a la altura de 1 metro. Este tramo se bifurca en dos ramas en el punto 8'. Un tramo va destinado a las 2 tomas de agua situadas en los box mecánicos y el otro tramo va a los dos vestuarios, masculino y femenino. El tramo entre el punto 5 y el punto 8' se sitúa la toma de agua del box de servicio rápido.

La bifurcación hacia los box mecánicos suministra agua a dos aparatos sanitarios, las 2 tomas de agua. Este tramo va por debajo del pavimento a una profundidad de 0,8 metros. Esta bifurcación se divide en 2 tramos numerados de 8' al 6'. El aparato sanitario más desfavorable es la última toma de agua (punto 6'), ya que es el elemento más alejado y que está a mayor altura de este tramo. Esta bifurcación, aparte de suministrar agua a las dos tomas, lleva agua al calentador instantáneo que suministra ACS a los aparatos sanitarios de los vestuarios.

La rama que va destinada a los vestuarios continúa por el cerramiento. Una vez que la instalación llega a la altura de los vestuarios, la instalación desciende a una profundidad de 0'8 metros por debajo del pavimento para conectarse con los vestuarios. Esta rama se divide en dos, cada una de las cuales va a cada vestuario. Esta derivación se designa con el número 6'. Cada rama de los vestuarios posee su propia llave de paso y la rama del vestuario femenino suministra agua a 4 aparatos sanitarios mientras que la rama del masculino suministra a 6 aparatos sanitarios. Los aparatos sanitarios más desfavorables de los dos vestuarios son la ducha del vestuario masculino, aparato de mayor altura; y el inodoro con cisterna del vestuario masculino, aparato más alejado. Se han cogido aparatos solo del vestuario masculino ya que la esta rama posee más pérdidas que la rama del femenino ya que tiene más aparatos sanitarios por lo que hay más elementos en la instalación que producen pérdidas.

El siguiente paso es indicar los elementos de consumo que encontramos en cada tramo y, posteriormente, los cálculos y resultados obtenidos aparecen en la tabla 9. El caudal total que se necesita es la suma de todos los consumos instantáneos mínimos de cada aparato. Los caudales instantáneos mínimos de los aparatos aparecen en la tabla 2.1 del CTE DB HS-4. Como todos los aparatos no consumen a la vez se aplica un coeficiente

de simultaneidad. Con este coeficiente de simultaneidad y con la suma de los caudales de todos los aparatos y grifos se obtiene el caudal punta.

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm ³ /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm ³ /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Tabla 3. Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato (DB HS-2). [1]

$$\text{Coeficiente de simultaneidad: } K_p = \frac{1'2}{\sqrt{n-1}} \quad (2)$$

Siendo n el número total de puntos de agua fría instalados, siendo n≥2.

$$\text{Caudal punta: } Q_p = K_p \cdot Q_t \quad (3)$$

Tramo 6-5: como se ha indicado anteriormente, este el tramo que une la acometida con la bifurcación del punto 5. En este tramo se encuentra la arqueta del contador general, en la cual hay el contador general, la válvula reductora y la llave de registro, colocas en este orden. El coeficiente de simultaneidad es:

$$K_p = \frac{1'2}{\sqrt{21-1}} = 0'27$$

El coeficiente de simultaneidad obtenido de la ecuación es reducido por lo que se aumenta para estar del lado de la seguridad a 0'6.

Tramo 5-4: tramo que une el punto 5, que es la derivación principal, con el punto 4, que es donde se coloca la te de paso para suministrar agua al último lavabo. En la rama de los servicios públicos, se localizan 6 aparatos sanitarios y el calentador instantáneo de los servicios públicos, por lo que el coeficiente de simultaneidad que se considera es:

$$K_p = \frac{1'2}{\sqrt{7-1}} = 0'49$$

Tramo 5-4		
Elemento	Número	Caudal (dm ³ /s)
Lavabo	3	0'3
Inodoro con cisterna	3	0'3

Tabla 4. Elementos y caudales de los tramos del 5-4.

El coeficiente de simultaneidad obtenido de la ecuación es reducido por lo que se aumenta para estar del lado de la seguridad a 0'6. Además de los caudales de estos aparatos sanitarios hay que añadir el caudal del calentador instantáneo JUNKERS ED18_2S. El caudal de este calentador es 0'17 dm³/s.

Tramo 4-3: es el tramo que une la rama de los servicios públicos con el último lavabo de dichos servicios. El coeficiente de simultaneidad es 1.

Tramo 4-3		
Elemento	Número	Caudal (dm ³ /s)
Lavabo	1	0'1

Tabla 5. Elemento y caudal del tramo 4-3.

Tramo 5-2: tramo que une el punto 5, que es la derivación principal, con el punto 2, donde se localiza la te de paso para suministrar agua al último inodoro con cisterna. El número de aparatos sanitarios, el valor del caudal y el valor coeficiente de simultaneidad para este tramo son los correspondientes a la rama de los servicios públicos.

Tramo 2-1: es el tramo que une la rama de los servicios públicos con el último inodoro con cisterna. El coeficiente de simultaneidad es 1.

Tramo 2-1		
Elemento	Número	Caudal (dm ³ /s)
Inodoro con cisterna	1	0'1

Tabla 6. Elemento y caudal del tramo 2-1.

Tramo 5-8': tramo entre el punto 5 y el punto 8', derivación de la rama de los vestuarios y de las tomas de agua. En este tramo, se encuentra de una toma de agua. Como la normativa no indica nada acerca de las tomas de agua, se considera como grifo de garaje y tiene un caudal de 0'2 dm³/s. El coeficiente de simultaneidad es el siguiente:

$$K_p = \frac{1'2}{\sqrt{14-1}} = 0'33$$

Tramo 5-8'		
Elemento	Número	Caudal (dm ³ /s)
Toma de agua	1	0'2

Tabla 7. Elemento y caudal del tramo 5-8'.

El coeficiente de simultaneidad obtenido de la ecuación es reducido por lo que se aumenta para estar del lado de la seguridad a 0'7.

Tramos 8'-7': se trata del tramo destinado a las tomas de agua de los box mecánicos y al calentador instantáneo de los vestuarios. El punto 7' es el lugar donde se coloca el codo que conecta la rama con la última toma de agua. En esta rama de las tomas de agua de los box mecánicos, los elementos que hay son dos tomas de agua y el coeficiente de simultaneidad es de valor 1.

Tramos 8'-7'		
Elemento	Número	Caudal (dm ³ /s)
Toma de agua	2	0'4

Tabla 8. Elemento y caudal del tramo 8'-7'.

Además de los caudales de estos aparatos sanitarios hay que añadir el caudal del calentador instantáneo JUNKERS ED24_2S. El caudal de este calentador es 0'23 dm³/s.

Tramo 7'-6': es el tramo que une el codo del punto 7' con la toma de agua situada en el punto 6'. Hay una toma de agua con coeficiente del simultaneidad 1.

Tramo 7'-6'		
Elemento	Número	Caudal (dm ³ /s)
Toma de agua	1	0'2

Tabla 9. Elemento y caudal del tramo 7'-6'.

Tramo 8'-5': tramo que une el punto 8' con el punto 5', en el cual se sitúa la te de derivación que suministra agua a los vestuarios. En este tramo no hay ningún aparato sanitario, pero, conduce el agua que va a los 10 aparatos sanitarios que hay en los dos vestuarios. El coeficiente de simultaneidad es:

$$K_p = \frac{1'2}{\sqrt{10} - 1} = 0'4$$

Tramo 5'- 4'		
Elemento	Número	Caudal (dm ³ /s)
Lavabo	4	0'4
Ducha	2	0'4
Inodoro con cisterna	2	0'2
Urinario con cisterna	2	0'08

Tabla 10. Elementos y caudales de los 2 vestuarios.

El coeficiente de simultaneidad obtenido de la ecuación es reducido por lo que se aumenta para estar del lado de la seguridad a 0'7.

Tramo 5'-4': es el tramo correspondiente a la rama del vestuario masculino. El punto 4' es el punto donde se coloca la te de paso de la ducha de dicho vestuario. En la rama del vestuario masculino, se encuentran 6 aparatos sanitarios. 2 de estos aparatos son mingitorios, a los cuales se les asigna el valor del caudal de los urinarios con cisterna. El coeficiente de simultaneidad que se le aplica es:

$$K_p = \frac{1'2}{\sqrt{6-1}} = 0'54$$

Tramo 5'- 4'		
Elemento	Número	Caudal (dm ³ /s)
Lavabo	2	0'2
Ducha	1	0'2
Inodoro con cisterna	1	0'1
Urinario con cisterna	2	0'08

Tabla 11. Elementos y caudales del tramo 5'-4'.

El coeficiente de simultaneidad obtenido de la ecuación es reducido para el vestuario masculino, por lo que se aumenta para estar del lado de la seguridad a 0'7.

Tramo 4'-3': tramo correspondiente a la derivación de la ducha del vestuario masculino. Hay 1 aparato sanitario y el coeficiente de simultaneidad que se aplica es 1.

Tramo 4'-3'		
Elemento	Número	Caudal (dm ³ /s)
Ducha	1	0'2

Tabla 12. Elemento y caudal del tramo 4'-3'.

Tramo 5'-2': es el tramo correspondiente a la rama del vestuario masculino que llega hasta el punto 2', que es el punto donde se coloca la te de paso del inodoro con cisterna. El

número de aparatos sanitarios, el valor del caudal y el valor coeficiente de simultaneidad para este tramo son los correspondientes a la rama de los vestuarios masculinos.

Tramo 2'-1': tramo correspondiente a la derivación del inodoro con cisterna del vestuario masculino. Hay 1 aparato sanitario y el coeficiente de simultaneidad que se aplica es 1.

Tramo 2'-1'		
Elemento	Número	Caudal (dm ³ /s)
Inodoro con cisterna	1	0'1

Tabla 13. Elemento y caudal del tramo 2'-1'.

Tramo	Q (dm ³ /s)	Coeficiente de simultaneidad	Q _p (dm ³ /s)
1'-2'	0'1	1	0'1
2'-5'	0'58	0'7	0'41
3'-4'	0'2	1	0'2
4'-5'	0'58	0'7	0'41
5'-8'	1'08	0'7	0'76
6'-7'	0'2	1	0'2
7'-8'	0'63	1	0'63
8'-5	1'91	0'7	1'34
1-2	0'1	1	0'1
2-5	0'77	0'6	0'46
3-4	0'2	1	0'2
4-5	0'77	0'6	0'46
5-6	2'68	0'6	1'61

Tabla 14. Caudales punta de los diferentes tramos.

4. Dimensionado de la red de suministro de agua

El objetivo para lograr el dimensionamiento de la red de suministro es obtener el diámetro, la velocidad y las pérdidas en función del caudal que discurre por los diferentes tramos. La normativa nos indica unos valores de velocidad de circulación del agua en función del tipo de tramo que se trate. Esta velocidad también depende del material del que esté formada la red. Para el tramo desde la acometida hasta el punto donde se produce la bifurcación principal de la red (Tramo 8-7), la velocidad que la normativa le atribuye oscila entre los 2 y 3 m/s. A pesar de ello, estas velocidades generan ruidos muy elevados y se

toma velocidades inferiores que no generan tantos ruidos. Para el resto de la red, la velocidad no debe ser superior a 1'2 m/s.

Las tuberías de la red son de cobre y van por el cerramiento a una altura de 1 metros y por debajo del pavimento a una profundidad de 0'8 m. Como ya se ha indicado antes, la normativa establece que la presión de uso debe ser como mínimo de 10 mca y de 50 mca como máximo. Como la compañía nos proporciona una presión de 100 mca, al inicio de la instalación hay que colocar válvulas reductoras de presión. Por lo tanto, se considera que la presión de suministro una vez reducida por la válvula es de 50 mca.

Para realizar correctamente el dimensionamiento, se establece un punto como el más desfavorable y se comprueba que la presión máxima se encuentra entre los valores indicados por la normativa. Los puntos más desfavorables son los aparatos sanitarios mencionados en el punto anterior. Las alturas a la que se miden las presiones de los diferentes aparatos sanitarios son 1 metros para lavabos, tomas de agua y mingitorios; 0'6 metros para los inodoros con cisterna; y 1,9 metros para las duchas.

Tramo	Q (l/s)	D (pulgadas)	Velocidad (m/s)	j (mca/m)	L (m)	Le accesorios (m)	Le accesorios (m)	Lt= Le+L (m)	J= Lt*j (mca)	Pi (mca)	Pi-J (mca)	h (mca)	Pf= Pi-h (mca)
De 6 a 5	1'61	1" y 1/2"	1'2	0'04	29'5	Contador general= 4'5	8'08	37'58	1'5	50	48'5	1'8	46'7
						Válvula de compuerta= 0'44							
						Te de paso= 0'5							
						2 codos de 90º= 2·1'32= 2'64							
De 5 a 4	0'46	1"	0'8	0'035	13'06	Cono reductor= 0'65	3'47	16'53	0'58	46'7	46'12	(-1'8)	47'92
						Válvula de compuerta= 0'26							
						6-Te de paso= 6·0'3= 1'8							
						Codo de 90º= 0'76							
De 4 a 3	0'2	1/2"	1	0'095	2'33	Cono reductor= 0'3	3'35	5'68	0'54	47'92	47'38	1'8	45'58
						Codo de 90º= 0'5							
						Válvula de escuadra= 2'55							
						Cono reductor= 0'65							
De 5 a 2	0'46	1"	0'8	0'035	14'7	Válvula de compuerta= 0'26	4'23	18'93	0'66	46'7	46'04	(-1'8)	47'84
						6-Te de paso= 6·0'3= 1'8							
						2·Codo de 90º= 2·0'76= 1'52							
						Cono reductor= 0'2							
De 2 a 1	0'1	3/8"	1'2	0'225	1'77	Codo de 90º= 0'38	2'48	4'25	0'96	47'84	46'88	1'4	45'48
						Válvula de escuadra= 1'9							
						Válvula de compuerta= 0'21							
						2-Tes de paso= 2·0'5= 1							
De 5 a 8'	1'34	1" y 1/2"	1	0'03	41'8	Cono reductor= 0'65	1'21	43'01	1'29	46'7	45'41	0	45'41
						Válvula de compuerta= 0'26							
						2 Tes de paso= 2·0'3= 0'6							
						2 Codos de 90º= 2·0'76= 1'52							
De 8'a 7'	0'63	1"	1'1	0'06	18	Cono reductor= 0'3	3'03	21'03	1'26	45'41	44'15	(-1'8)	45'95
						Codo de 90º= 0'5							
						Válvula de escuadra= 2'55							
						Cono reductor= 0'65							
De 7' a 6'	0'2	1/2"	1	0'095	2'33	Te derivación= 3'6	3'35	5'68	0'54	45'95	45'41	1'8	43'61
						2 Curvas de 90º= 2·0'6= 1'2							
						Cono reductor= 0'5							
						Válvula de compuerta= 0'21							
De 8'a 5'	0'76	1"	1'2	0'07	20'17	4-Te de paso= 4·0'2= 0'8	5'45	25'62	1'79	45'41	43'62	(-1'8)	45'42
						Codo de 90º= 0'63							
						Cono reductor= 0'3							
						Válvula de escuadra= 2'55							
De 5' a 4'	0'41	3/4"	1'1	0'08	5'78	Cono reductor= 0'5	3'47	9'25	0'74	45'42	44'68	0	44'68
						Válvula de compuerta= 0'21							
						4-Te de paso= 4·0'2= 0'8							
						Codo de 90º= 0'63							
De 4' a 3'	0'2	1/2"	1	0'095	2'85	Cono reductor= 0'3	3'35	6'2	0'59	44'68	44'09	2'7	41'39
						Codo de 90º= 0'5							
						Válvula de escuadra= 2'55							
						Cono reductor= 0'5							
De 5' a 2'	0'41	3/4"	1'1	0'08	8'08	Válvula de compuerta= 0'21	3'47	11'55	0'92	45'42	44'5	0	44'5
						4-Te de paso= 4·0'2= 0'8							
						Codo de 90º= 0'63							
						Cono reductor= 0'2							
De 2' a 1'	0'1	3/8"	1'2	0'225	1'5	Codo de 90º= 0'38	2'48	3'98	0'9	44'5	43'6	1'4	42'2
						Válvula de escuadra= 1'9							

Tabla 15. Predimensionado de la red de tuberías de cobre.

La tabla y el ábaco para tuberías de cobre que se han utilizado para los cálculos de la tabla anterior son:

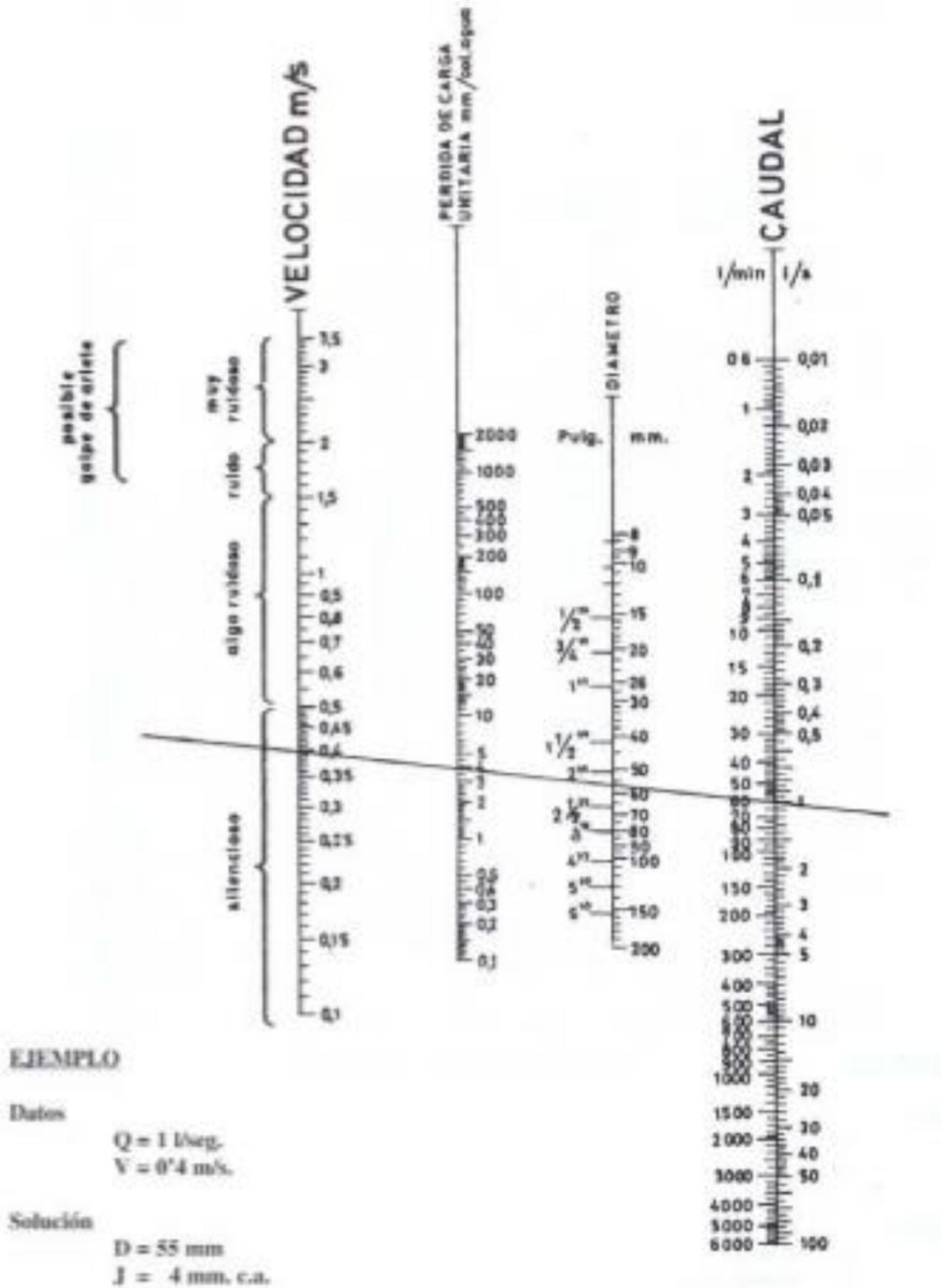


Figura 1. Ábaco para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías de cobre. [2]

Clase de resistencia aislada	Diametros de las tuberías (mm)	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6
		10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
	manguito de unión	0.00	0.00	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.09	0.12	0.15	0.20	0.25
	cono de reducción	0.20	0.30	0.50	0.65	0.85	1.00	1.30	2.00	2.30	3.00	4.00	5.00
	codo o curva de 45°	0.20	0.34	0.43	0.47	0.56	0.70	0.83	1.00	1.18	1.25	1.45	1.63
	curva de 90°	0.18	0.33	0.45	0.60	0.84	0.96	1.27	1.48	1.54	1.97	2.61	3.43
	codo de 90°	0.38	0.50	0.63	0.76	1.01	1.32	1.71	1.94	2.01	2.21	2.94	3.99
	"te" de 45°	1.02	0.84	0.90	0.96	1.20	1.50	1.80	2.10	2.40	2.70	3.00	3.30
	"te" arqueada o de curvas ("pantalones")	1.50	1.68	1.80	1.92	2.40	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	6.60
	"te" confluencia de ramal (paso recto)	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.20
	"te" derivación a ramal	1.80	2.50	3.00	3.60	4.10	4.60	5.00	5.50	6.20	6.90	7.70	8.90
	válvula retención de batiente de piston	0.20	0.30	0.55	0.75	1.15	1.50	1.90	2.65	3.40	4.85	6.60	8.30
	válvula retención paso de escuadra	1.33	1.70	2.32	2.85	3.72	4.67	5.75	6.91	8.40	11.1	12.8	15.4
	válvula de compuerta abierta	5.10	5.40	6.50	8.50	11.50	13.0	16.5	21.0	25.0	36.0	42.0	51.0
	válvula de paso recto y asiento inclinado	0.14	0.18	0.21	0.26	0.36	0.44	0.55	0.69	0.81	1.09	1.44	1.70
	válvula de globo	1.10	1.34	1.74	2.28	2.83	3.46	4.53	5.51	6.69	8.80	10.6	13.1
	válvula de escuadra o ángulo (abierto)	4.05	4.95	6.25	8.25	10.8	13.0	17.0	21.0	25.0	33.0	39.0	47.5
	válvula de asiento de paso recto	1.90	2.55	3.35	4.30	5.60	6.85	8.60	11.1	13.7	17.1	21.2	25.5
	intercambiador	—	3.40	3.60	4.50	5.65	8.10	9.00	—	—	—	—	—
	radiador	—	—	—	2.1	5	12.5	13.2	14.2	25	—	—	—
	radiador con valvulería	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.75	6.50	7.00	7.50	8.00	10.00
	caldera	3.75	4.40	5.25	6.00	6.75	7.50	8.80	10.10	11.40	12.70	14.00	15.00
	caldera con valvulería	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.75	6.50	7.00	7.50	8.00	10.00
	contador general individual o divisionario	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.75	6.50	7.00	7.50	8.00	10.00
					4.5 m.c.d.a.								
					10 m.c.d.a.								

Tabla 16. Tabla de longitudes equivalentes (m) para elementos de conducciones hidráulicas. [3]

Como se puede ver en la tabla del predimensionado (tabla 15), la presión que le llega a los diferentes aparatos sanitarios estudiados no baja de los 40 mca. Esta presión es elevada, ya que la presión final suele estar entre los 25 y los 30 mca. Además la normativa exige para las duchas, lavabos y las tomas de agua una presión mínima de 10 mca. Por lo

tanto la solución es reducir más la presión de suministro tomada para este dimensionado, 50 mca, con la válvula reductora colocada al inicio de la instalación.

Referencias

- [1] <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/salubridad/DBHS.pdf> (6 de Julio de 2017)
- [2] <https://es.slideshare.net/fredyrolandtolentinohuaranga/tema-suministro-deagua3> (6 de Julio de 2017)
- [3] Imagen obtenida de los apuntes de la asignatura “Instalaciones Industriales y en Edificación I”, impartida por el profesor Mario Matas Hernández. (6 de Julio de 2017)
- [4] https://www.junkers.es/usuario_final/productos/catalogo_usuario/producto_3584# (6 de Julio de 2017)

En Béjar, a 4 de septiembre de 2017.

Fdo. D. Francisco Manuel García Ingelmo

ANEXO: INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

ÍNDICE

1. Antecedentes.....	3
2. Dimensionado de la instalación	3
2.1. Cálculo de los diámetros de las bajantes	3
2.1.1. Aguas residuales urbanas.....	3
2.1.2. Agua pluviales.....	6
2.1.3. Aguas residuales industriales	8
2.2. Cálculo de arquetas y colectores	9
Referencias	13

1. Antecedentes

Este tipo de instalación se encarga de la evacuación de 3 tipos de aguas:

- Aguas residuales urbanas: se producen en los servicios públicos y en los vestuarios de la nave. Esta agua no necesita ningún tratamiento previo a su vertido a la acometida de desagüe.
- Aguas pluviales: este tipo de agua procede de las lluvias y se recoge de la cubierta a través de los canalones y desemboca en las arquetas a través de varias bajantes. La cubierta de la nave es una cubierta a 2 aguas y hay un canalón en cada vertiente. El agua que recoge cada canalón se evacúa por 5 bajantes.
- Aguas residuales industriales: es el agua que surge de su uso en los diferentes trabajos que se desarrollan en la zona de taller. Este tipo de agua puede contener diferentes sustancias (como grasas, aceites...) que necesitan un tratamiento previo antes de ser evacuadas a la red municipal. Los aparatos que se necesitan para ese tratamiento previo son separados de grasas.

Se realiza una única instalación de saneamiento, la cual se divide en diferentes tramos para realizar el dimensionado de las arquetas y de los colectores. La normativa que se utiliza para el dimensionamiento de la instalación es el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HS Salubridad, Sección 5. Todo el material empleado en la instalación es de PVC.

2. Dimensionado de la instalación

2.1. Cálculo de los diámetros de las bajantes

2.1.1. Aguas residuales urbanas

Se disponen de 3 bajantes para este tipo de aguas. Dos bajantes están situadas en la zona de servicios públicos. Por una se evacúa el agua de 2 inodoros y por la otra se evacúa el agua de los 3 lavabos y de un inodoro. La tercera bajante se sitúa en la zona de los vestuarios y sirve para evacuar el agua de los dos vestuarios.

El cálculo de las bajantes viene en función de las unidades de desagüe. Una unidad de desagüe (UD) es un caudal que corresponde a $0,47 \text{ dm}^3/\text{s}$, y representa el peso que un aparato sanitario tiene en la evaluación de los diámetros de una red de evacuación. Esta es la definición de unidad de desagüe que indica el DB HS-5. La normativa aporta la tabla 4.1

en la que se viene indicado el número de unidades de desagüe equivalentes a cada aparato sanitario. También indica el diámetro mínimo del sifón y de la derivación individual (mm).

Los aparatos sanitarios no se pueden conectar directamente a la bajante, excepto el inodoro, el cual puede conectar su manguetón con la bajante. La unión entre los aparatos sanitarios se realizan a través de botes sifónicos. La elección de estos aparatos viene en función. El bote sifónico puede conectarse a la bajante o al manguetón del inodoro siempre y cuando el diámetro de este manguetón sea superior al diámetro del colector del bote. La normativa indica también las longitudes máximas de los colectores de los diferentes aparatos. La longitud máxima del manguetón es 1 m, la máxima de los colectores de los aparatos al bote es 2'5 m y la máxima del colector del bote es 2 m. La normativa aporta la tabla 4.3 de la cual se obtiene el diámetro del colector de bote sifónico en función de las UDs que le llegan de los diferentes aparatos sanitarios que se conectan al bote sifónico y en función de la pendiente de los colectores que unen los aparatos al bote.

Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)	
	Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo	1	2	32	40
Bidé	2	3	32	40
Ducha	2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)	3	4	40	50
Inodoro	Con cisterna	5	100	100
	Con fluxómetro	8	100	100
Urinario	Pedestal	4	-	50
	Suspendido	2	-	40
	En batería	3.5	-	-
Fregadero	De cocina	6	40	50
	De laboratorio, restaurante, etc.	2	-	40
Lavadero	3	-	40	-
Vertedero	-	8	-	100
Fuente para beber	-	0.5	-	25
Sumidero sifónico	1	3	40	50
Lavavajillas	3	6	40	50
Lavadora	3	6	40	50
Cuarto de baño (lavabo, inodoro, bañera y bidé)	Inodoro con cisterna	7	100	-
	Inodoro con fluxómetro	8	100	-
Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y ducha)	Inodoro con cisterna	6	100	-
	Inodoro con fluxómetro	8	100	-

Tabla 1. Tabla 4.1 UDs correspondientes a los distintos aparatos sanitarios (CTE DB HS-5). [1]

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	1	1	32
-	2	3	40
-	6	8	50
-	11	14	63
-	21	28	75
47	60	75	90
123	151	181	110
180	234	280	125
438	582	800	160
870	1.150	1.680	200

Tabla 2. Tabla 4.3 Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante (CTE DB HS-5). [1]

- **Vestuario masculino:** dispone de los siguientes aparatos sanitarios.
 - 2 Lavabos: 3 UDs cada uno, con un diámetro individual de 40 mm. [Uso público]
 - 2 Mingitorios: se consideran como urinarios suspendidos y equivalen a 2 UDs cada uno, con un diámetro individual de 40 mm. [Uso público]
 - 1 Ducha: 3 UDs con un diámetro individual de 50 mm. [Uso público]
 - 1 Inodoro con cisterna: 5 UDs con un diámetro del manguetón de 100 mm. [Uso público].
- **Vestuario femenino:** dispone de los siguientes aparatos sanitarios.
 - 2 Lavabos: 3 UDs cada uno, con un diámetro individual de 40 mm. [Uso público]
 - 1 Ducha: 3 UDs con un diámetro individual de 50 mm. [Uso público]
 - 1 Inodoro con cisterna: 5 UDs con un diámetro del manguetón de 100 mm. [Uso público].

bote sifónico (masculino): $\Phi_{colector,m} = 63 \text{ mm}$ (11 UDs) [2%]

bote sifónico (femenino): $\Phi_{colector,f} = 63 \text{ mm}$ (7UDs) [2%]

En la normativa, se encuentra la tabla 4.4 que recoge los diámetros de las bajantes según la altura del edificio y del número de UDs.

Máximo número de UD, para una altura de bajante de:		Máximo número de UD, en cada ramal para una altura de bajante de:		Diámetro (mm)
Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	
10	25	6	6	50
19	38	11	9	63
27	53	21	13	75
135	280	70	53	90
360	740	181	134	110
540	1.100	280	200	125
1.208	2.240	1.120	400	160
2.200	3.600	1.680	600	200
3.800	5.600	2.500	1.000	250
6.000	9.240	4.320	1.650	315

Tabla 3. Tabla 4.4 Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número de UD (CTE DB HS-5). [1]

$$N^{\circ} \text{ Total de UDs} = 4 \cdot 2 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 5 = 28 \text{ UDs}$$

$$\text{Con un altura de bajante hasta 3 plantas y 28 UDs: } \Phi_{bajante} = 90 \text{ mm}$$

Sin embargo, el diámetro de la bajante no puede ser inferior al diámetro de los colectores que se conectan a él. Como el diámetro del manguetón del inodoro es de 100mm, el diámetro de la bajante no puede ser de 90 mm, sino que, tiene que tener un diámetro de 110 mm.

- **Servicios públicos:** como se indicó anteriormente, en los servicios públicos tenemos 2 bajantes. Los aparatos sanitarios que hay en cada servicio son:
 - 1 Lavabo: 3 UDs con un diámetro individual de 40 mm. [Uso público]

- 1 Inodoro con cisterna: 5 UDs con un diámetro del manguetón de 100 mm. [Uso público].

Los 3 lavabos van conectados a un bote sifónico, cuyo diámetro es:

$$\text{bote sifónico (servicios): } \varnothing_{\text{colector,s}} = 50 \text{ mm (6 UDs) [2\%]}$$

El diámetro de la primera bajante se obtiene de la siguiente forma.

$$N^{\circ} \text{ Total de UDs} = 2 \cdot 3 + 5 = 11 \text{ UDs}$$

$$\text{Con un altura de bajante hasta 3 plantas y 11 UDs: } \varnothing_{\text{bajante}} = 63 \text{ mm}$$

El diámetro de la segunda bajante se obtiene de la misma forma que para la primera.

$$N^{\circ} \text{ Total de UDs} = 2 \cdot 5 = 10 \text{ UDs}$$

$$\text{Con un altura de bajante hasta 3 plantas y 10 UDs: } \varnothing_{\text{bajante}} = 63 \text{ mm}$$

Sin embargo, como a cada bajante se conecta al menos un inodoro, ocurre lo mismo que sucede para la bajante de los vestuarios y es que el diámetro que se ha obtenido para los dos bajantes es inferior al diámetro del manguetón de un inodoro. Por lo tanto, los diámetros de las 2 bajantes son de 110 mm.

2.1.2. Agua pluviales

Como se indica en el apartado de los antecedentes, el número de bajantes que se coloca es de 3 bajantes en cada vertiente de la cubierta a dos aguas. A parte de calcular el diámetro de las bajantes, también hay que dimensionar el caudal de los canalones. Hay uno en cada vertiente y son los encargados de llevar el agua de la lluvia a las bajantes. Para obtener los diámetros tanto de los canalones como de las bajantes, en la normativa se dispone de las tablas 4.7 y 4.8. En ambas tablas, el diámetro de los elementos viene en función de la superficie de cubierta en proyección horizontal (m²) y de la pendiente del elemento.

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)				Diámetro nominal del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Tabla 4. Tabla 4.7 Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h (CTE DB HS-5). [1]

Superficie en proyección horizontal servida (m ²)	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

Tabla 5. Tabla 4.8 Diámetros de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h (CTE DB HS-5). [1]

Pero hay un inconveniente y es que estos valores de las tablas vienen para un régimen pluviométrico de 100 mm/h. Para poder corregir estos valores, hay que calcular un factor de corrección (f), el cual depende de la intensidad pluviométrica (i) de la zona. Este factor se multiplica por la superficie que le corresponde a cada elemento y con ese valor corregido es con el que se entra en las tablas para obtener los diámetros. El valor de la intensidad pluviométrica se obtiene del mapa de isoyetas y zonas pluviométricas que hay en el DB HS-5.

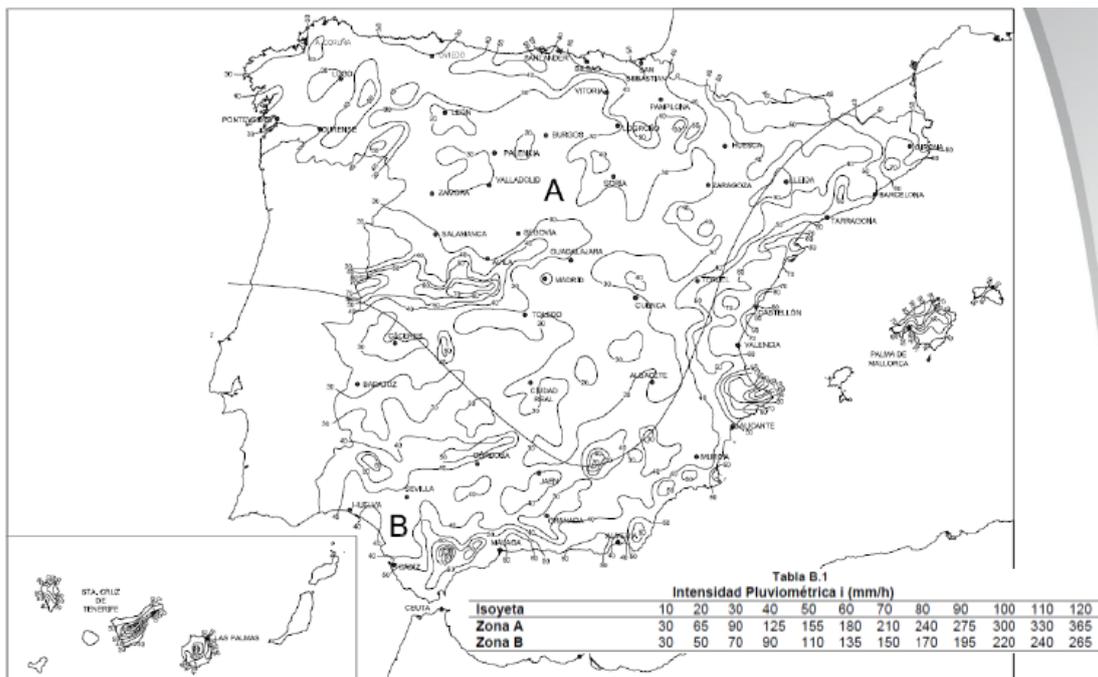


Figura 1. Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas (CTE DB HS-5). [1]

La cubierta tiene 75 m de largo y 25 m de ancho, por lo que su superficie en proyección horizontal es de 1875 m². En la cubierta se disponen 3 bajantes por cada vertiente, por lo que hay un total de 6 bajantes. La superficie en proyección horizontal que le corresponde a cada una de las bajantes situadas en las esquinas es de una octava parte de la total, 234'375 m². Las bajantes situadas en la zona central les corresponden como superficie en proyección horizontal una cuarta parte del total, 468'75 m². Por lo tanto, en esta división de la cubierta en 8 partes de 234'375 m², en cada lado de la cubierta, las dos

bajantes de las esquinas tienen cada una, 1 tramo de canalón con una pendiente de 2% y la bajante central tiene 2 tramos de canalón con una pendiente de 2%. Esto significa que la superficie en proyección horizontal que le corresponde a cada canalón es un octava parte de la total, 234'375 m².

$$\text{Polígono de Béjar} \rightarrow \text{Isoyeta 50 en zona A: } i = 155 \frac{\text{mm}}{h}$$

$$\text{Factor de corrección: } f = \frac{i}{100} = \frac{155}{100} = 1'55$$

$$\text{Bajante de esquina: } S_{\text{corregida}} = 234'375 \cdot 1'55 = 363'28 \text{ m}^2$$

$$\text{Bajante central: } S_{\text{corregida}} = 468'75 \cdot 1'55 = 726'56 \text{ m}^2$$

$$\text{Canalones: } S_{\text{corregida}} = 234'38 \cdot 1'55 = 363'29 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{corregida}} = 363'29 \text{ m}^2: \phi_{\text{bajante esquina}} = 110 \text{ mm}$$

$$S_{\text{corregida}} = 726'56 \text{ m}^2: \phi_{\text{bajante central}} = 125 \text{ mm}$$

$$S_{\text{corregida}} = 363'29 \text{ m}^2 \text{ y pendiente } 2\%: \phi_{\text{canalón}} = 200 \text{ mm}$$

2.1.3. Aguas residuales industriales

Los aparatos sanitarios que evacúan este tipo de aguas son los sumideros. El número de sumideros que hay que colocar se obtiene de la tabla 4.6 del DB HS-5 y, al igual que para los canalones y las bajantes de pluviales, viene en función de la superficie de cubierta que le corresponde a cada sumidero. En este caso, como los sumideros van dentro de la nave en la zona de taller, la superficie en proyección horizontal que se tiene en cuenta es la superficie de la zona de taller.

Superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)	Número de sumideros
S < 100	2
100 ≤ S < 200	3
200 ≤ S < 500	4
S > 500	1 cada 150 m ²

Tabla 6. Tabla 4.6 Número de sumideros en función de la superficie de cubierta (CTE DB HS-5). [1]

Una vez que se ha obtenido el número de sumideros, se pasa a obtener el diámetro de la bajante de cada uno de ellos. Para ello se sigue el mismo procedimiento que para el cálculo de las bajantes de las aguas residuales urbanas.

$$S_{\text{taller}} = 28 \cdot 25 + 17 \cdot 10 = 870 \text{ m}^2 \rightarrow S > 500 \rightarrow 1 \text{ cada } 150 \text{ m}^2$$

$$N^{\circ} \text{ de sumideros} = \frac{870}{150} = 5'8 \approx 6 \text{ sumideros}$$

$$UD_{\text{sumidero}} = 3 \text{ (Uso público)} \rightarrow \phi_{\text{bajante}} = 50 \text{ mm (altura hasta 3 plantas)}$$

Sin embargo, el número de sumideros obtenido se puede suponer excesivo, ya que esta información sirve cuando los sumideros se encuentran en la cubierta y estos van

colocados dentro de la nave. Por lo que en realidad se colocarán 2 sumideros con una bajante de 50 mm de diámetro en lugar de colocar 6, como se ha obtenido en los cálculos.

2.2. Cálculo de arquetas y colectores

La red de instalación de arquetas y colectores se intenta dimensionar de tal manera que la distancia entre las arquetas no supere los 15 metros para evitar tener que colocar arquetas de registro. Sin embargo, esto no es posible debido a la elevada distancia que hay entre algunas arquetas, por lo que se han tenido que colocar algunas arquetas de registro. En esta instalación, se colocan 4 tipos de arquetas.

Por un lado, están las arquetas a pie de bajante que recogen el agua procedente de cada bajante, tanto de bajantes de aguas residuales urbanas como de bajantes de aguas pluviales.

Por otro lado, se encuentran los separadores de grasas. A los separadores de grasa solo pueden llegar las aguas afectadas, que en este caso son las aguas residuales industriales. En esta instalación, se coloca el separador de grasas tanto para el primer sumidero como para el segundo sumidero.

También se encuentran arquetas de paso. Este tipo de arquetas se utilizan para solventar que la distancia entre arquetas no sea superior a 15 metros y además se permite la conexión entre ellas.

Por último, está la arqueta sifónica. Al ser sifónica tiene la entrada más baja que la salida. A ella acometen todas las arquetas de la instalación para evitar que salgan malos olores. Esta arqueta conecta la instalación de evacuación a la acometida general.

Para el dimensionado, dividimos la red en dos tramos. Por un lado, está el tramo de los sumideros, que tiene 2 arquetas, dos separadores de grasas, y se designan del 1' a 2'. El separador de grasas 1' se conecta al segundo tramo por medio de la arqueta de paso número 6 y el separador de grasas 2' se conecta al segundo tramo por medio de la arqueta de paso número 11. El segundo tramo es el resto de la instalación, contiene 17 arquetas y se enumeran del 1 al 17.

El cálculo del diámetro de los colectores dependerá del tipo de arqueta del que salga y de las aguas que lleven. Todos los colectores son enterrados y la normativa indica que el diámetro mínimo para este tipo de colectores es 125 mm. En caso de que la arqueta a pie de bajante reciba aguas residuales urbanas, la tabla que se utiliza de la normativa es la tabla 4.5 y los resultados vienen en función del nº de UDs y de la pendiente el colector. También se utiliza esta tabla para el colector de salida de los separadores de grasas.

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	20	25	50
-	24	29	63
-	38	57	75
96	130	160	90
264	321	382	110
390	480	580	125
880	1.056	1.300	160
1.600	1.920	2.300	200
2.900	3.500	4.200	250
5.710	6.920	8.290	315
8.300	10.000	12.000	350

Tabla 7. Tabla 4.5 Diámetro de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada (CTE DB HS-5). [1]

Si la arqueta es a pie de bajante y el colector es de tipo mixto, la tabla que se usa de la normativa es la tabla 4.9 y los resultados van en función de la superficie corregida proyectada y de la pendiente del colector.

Superficie proyectada (m ²)			Diámetro nominal del colector (mm)
Pendiente del colector			
1 %	2 %	4 %	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1.228	160
1.070	1.510	2.140	200
1.920	2.710	3.850	250
2.016	4.589	6.500	315

Tabla 8. Tabla 4.9 Diámetro de los colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h (CTE DB HS-5). [1]

Por último, si la arqueta es de paso o sifónica, la tabla que se utiliza es la tabla 4.9 y los resultados van según la superficie corregida proyectada y de la pendiente del colector. La normativa indica que la transformación de las UD en superficie equivalente para un régimen pluviométrico de 100 mm/h puede ser de dos tipos:

- Para $UD \leq 250$, la superficie equivalente es de 90 m².
- Para $UD > 250$, la superficie equivalente es de $0,36 \cdot n^{\circ} UD$ m².

Si el régimen pluviométrico es diferente, deben multiplicarse los valores de las superficies equivalentes por el factor "f" de corrección.

Para el dimensionado de las arquetas, la normativa dispone de la tabla 4.13 del CTE DB HS-5, en el que las dimensiones de éstas vienen en función de los diámetros de los colectores de salida.

L x A [cm]	Diámetro del colector de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90

Tabla 9. Tabla 4.13 Dimensiones de las arquetas (CTE DB HS-5). [1]

Por último, hay que ver la normativa que rige los separadores de grasa. En Castilla y León, la norma que rige los separadores de grasa es la norma A-22. Esta norma indica que

la capacidad del separador de grasas depende del caudal máximo de las aguas sucias. También, se dispone de la norma europea UNE-EN 1852-2, la cual no se puede consultar ya que es una norma de AENOR que es una empresa privada. Por lo tanto se dimensiona este tipo de separadores de grasa en función del caudal que reciben de aguas sucias. Cada sumidero se le asigna 3 UDs y cada UDs se considera un caudal de $0'47 \text{ dm}^3/\text{s}$. El caudal que recibe el separador de grasas es:

$$N^{\circ} \text{ sumideros} = 1 \text{ sumideros} \rightarrow N^{\circ} \text{ UDs} = 3 \text{ UDs}$$

$$Q = 3 \cdot 0'47 = 1'41 \text{ l/s} \rightarrow \text{Separador de grasa con caudal } 3 \text{ l/s}$$

La empresa "HISPALHIDRO" suministra un separador de este tipo que posee las siguientes características.

REF	CAUDAL	LARGO	ANCHO	ALTO	TUB.	V. DEC	V. SEP
YH0503E	3	1200	1200	1230	110	300	359

(Caudal: L/s; medidas: L , mm)

Tabla 10. Datos de separador de grasa suministrado por la empresa "HISPALHIDRO". [2]

Nº Arqueta	Nº de UD	Superficie equivalente (m ²)	Superficie proyectada (m ²)	Pendiente (%)	Ø colector salida (mm)	L colector (m)	Arqueta (cm)	Tipo de arqueta	Bajante
1'	3	-	-	2	125	8,17	120x120	Separador de grasas	Sumidero
2'	3	-	-	2	125	14,79	120x120	Separador de grasas	Sumidero
1	-	-	363,28	2	125	14,8	50x50	A pie de bajante	Pluvial esquina
2	-	-	363,28	2	125	14,5	50x50	A pie de bajante	Pluvial esquina
3	28	-	-	2	125	2,13	50x50	A pie de bajante	Vestuarios
4	28	90	816,56	2	160	9,74	60x60	De paso	-
5	-	-	816,56	2	160	14,38	60x60	De paso	-
6	3	90	906,56	2	200	14,24	60x60	De paso	-
7	-	-	726,56	2	160	13,14	60x60	A pie de bajante	Pluvial central
8	-	-	726,56	2	160	13,14	60x60	A pie de bajante	Pluvial central
9	-	-	2359,68	2	250	14,39	60x70	De paso	-
10	10	-	-	2	125	3,69	50x50	A pie de bajante	Servicios públicos
11	13	90	2449,68	2	250	14,45	60x70	De paso	-
12	17	-	-	2	125	8,37	50x50	A pie de bajante	Servicios públicos
13	-	-	363,28	2	125	12,35	50x50	A pie de bajante	Pluvial esquina
14	17	90	453,28	2	160	6,94	60x60	De paso	-
15	-	-	363,28	2	125	12,31	50x50	A pie de bajante	Pluvial esquina
16	-	-	3266,24	2	315	6,54	70x80	De paso	-
17	-	-	3266,24	2	315	13,76	70x80	Sifónica	-

Tabla 11. Cálculos y dimensionado de la instalación de arquetas y colectores.

Los diámetros de los acopladores del separador de grasas son inferiores al diámetro del colector por lo que habrá que añadir algún elemento para que ambos diámetros puedan acoplarse.

Referencias

[1] <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/salubridad/DBHS.pdf> (10 de Julio de 2017)

[2] <https://sites.google.com/site/separadoresdehidrocarburos/separador-de-hidrocarburos-3-l-seg-con-obturador> (14 de Julio de 2017)

En Béjar, a 4 de septiembre de 2017.

Fdo. D. Francisco Manuel García Ingelmo

ANEXO: INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN

ÍNDICE

1. Antecedentes.....	3
2. Cálculo de las pérdidas	4
Referencias	14

1. Antecedentes

En este anexo, se dimensiona el sistema de calefacción que se coloca en la nave. Las zonas que van con calefacción son las 4 oficinas que hay, es decir, las dos oficinas de los vendedores, la oficina del gerente y la oficina del administrativo. El resto de la nave no posee ningún sistema de calefacción. Todas las oficinas poseen unas medidas de 6'5x6'5 m de ancho y largo y una altura de 3'5 m.

La envolvente de una de las oficinas de los vendedores es la siguiente. Las 4 paredes están compuestas por fábricas de ladrillo simple, con un aislamiento de poliestireno expandido de 22 kg/m² y con un enlucido de yeso por ambas caras de los muros. Un muro está en contacto con la zona de taller, dos muros están en contacto con el pasillo y el otro muro está en contacto con la oficina del otro vendedor. En uno de los muro en contacto con el pasillo, se encuentra un hueco de entrada a la oficina destinado a una puerta de madera con un marco de madera. El techo está constituido por placas de escayola con un canto de 0'5 m. El suelo está formado por un forjado unidireccional aligerado de viguetas y bovedillas cerámicas de 25 cm, con una capa de 5 cm de hormigón de limpieza y con parque y tarima de 20 mm de espesor.

La envolvente de la otra oficina de vendedores tiene las 4 paredes compuestas por fábricas de ladrillo simple, con un aislamiento de poliestireno expandido de 22 kg/m² y con un enlucido de yeso por ambas caras de los muros. Dos muros están en contacto con la zona de taller, un muro está en contacto con el pasillo y el otro muro está en contacto con la oficina indica anteriormente. El muro en contacto con el pasillo dispone de un hueco de entrada a la oficina. Dicho hueco se cierra por medio de una puerta de madera con un marco de madera. El techo está constituido por placas de escayola con un canto de 0'5 m. El suelo está formado por un forjado unidireccional aligerado de viguetas y bovedillas cerámicas de 25 cm, con una capa de 5 cm de hormigón de limpieza y con parque y tarima de 20 mm de espesor.

La oficina del gerente posee la siguiente envolvente. 3 de las paredes de la envolvente están realizadas con fábricas de ladrillo simple, con un aislamiento de poliestireno expandido de 22 kg/m² y con un enlucido de yeso por ambas caras de los muros. Una de estas 3 paredes de la envolvente están en contacto con el pasillo, otra están en contacto con la zona de taller y la otra está en contacto con la oficina del administrativo. La pared que falta de la envolvente está en contacto con la zona de exposición y se realiza por medio de un muro cortina modelo SG 52 o similar, el cual lo suministra la empresa "CORTIZO". El muro en contacto con el pasillo dispone de un hueco de entrada a la oficina, el cual dispone de una puerta de madera con un marco de madera. El techo está constituido

por placas de escayola con un canto de 0'5 m. El suelo está formado por un forjado unidireccional aligerado de viguetas y bovedillas cerámicas de 25 cm, con una capa de 5 cm de hormigón de limpieza y con parque y tarima de 20 mm de espesor.

La oficina del administrativo posee envolvente similar a la envolvente de la oficina del gerente. 3 de las paredes de la envolvente son fábricas de ladrillo simple, con un aislamiento de poliestireno expandido de 22 kg/m² y con un enlucido de yeso por ambas caras de los muros. Dos de las 3 paredes de la envolvente están en contacto con el pasillo y la otra está en contacto con la oficina del gerente. La pared que falta de la envolvente está en contacto con la zona de exposición y se realiza por medio de un muro cortina modelo SG 52 o similar, el cual lo suministra la empresa "Cortizo". Uno de los muros en contacto con el pasillo posee un hueco de entrada a la oficina, el cual es cerrado por una puerta de madera con un marco de madera. El techo está constituido por placas de escayola con un canto de 0'5 m. El suelo está formado por un forjado unidireccional aligerado de viguetas y bovedillas cerámicas de 25 cm, con una capa de 5 cm de hormigón de limpieza y con parque y tarima de 20 mm de espesor.

El dimensionado de dicha instalación consiste en determinar las pérdidas que hay en cada estancia y ver qué tipo de sistema se coloca para solventar dichas pérdidas. La idea es colocar una bomba de calor aire-aire con 4 split uno para cada oficinas. La normativa que se utiliza en el anexo es CTE DB HR, normas UNE y RITE.

2. Cálculo de las pérdidas

Las pérdidas de una estancia son el resultado de sumar las diferentes pérdidas que hay a través de la envolvente, es decir, a través de los muros de la estancia y a través del suelo y del techo. Se dispone de la siguiente ecuación para el cálculo de las pérdidas:

$$Q = S \cdot U \cdot (T_i - T_e) \cdot k \cdot c \quad (1)$$

Dónde:

- Q: Pérdidas a través de un muro, techo o suelo. Unidad: W
- S: Superficie del muro, techo o suelo considerado. Unidad: m²
- U: Transmitancia térmica del muro, techo o suelo. Su valor depende del material del cerramiento. Su unidad es W/m²·K. Es la inversa de la resistencia térmica:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (2)$$

- T_i : Temperatura interior del muro, techo o suelo. Unidad: K
- T_e : Temperatura exterior del muro, techo o suelo. Unidad: K
- k : Es el coeficiente por orientación. Solo se considera para la parte de la fachada principal perteneciente a la zona de exposición ya que es la única fachada de las zonas de estudio que se encuentra en contacto con el exterior. Su orientación es norte por lo que el valor de K es 1'15. El valor de este coeficiente se toma de la siguiente tabla.

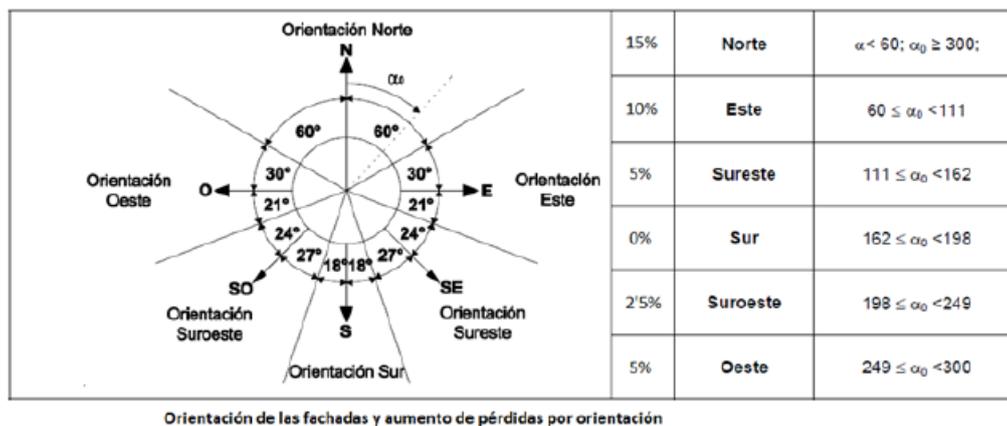


Tabla 1. Tabla 3.1.- Orientación de las fachadas. [1]

- c : Es el factor de alternancia térmica producida. Como la calefacción no está en funcionamiento por la noche (parada de 12 a 16 h) y se trata de instalación de calefacción de aire caliente, el valor de c es 1'25. Dicho valor se obtiene de la siguiente tabla.

Régimen de funcionamiento	Incremento en % de pérdidas Instalaciones de calefacción con:		
	Radiadores de agua caliente	Tubos empotrados en la estructura	Aire caliente
Continuo con reducción nocturna	8	5	12
Con parada de 6 a 8 h	10	8	15
Con parada de 8 a 12 h	12	10	20
Con parada de 12 a 16 h	15	12	25
Con parada de 16 a 18 h	20	15	30
Con parada de 18 a 20 h	25	20	35

Tabla 2. Tabla 4.2.- Régimen de funcionamiento. [1]

Es necesario conocer tanto la temperatura del exterior, es decir, la temperatura de la zona donde se sitúa la nave, como las temperaturas que hay que mantener en las distintas zonas de estudio. Como se dimensiona la instalación para el caso más desfavorable, se toma como temperatura exterior la temperatura más baja registrada.

Provincia	Estación		Indicativo			
Salamanca	Salamanca (Matacán)		2867			
UBICACIÓN: AEROPUERTO			Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO			
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad
790	40°56'44"	05°29'46"W	80.888	14.600	13.982	
CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)						
TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)	
-12,0	-5,8	-4,4	14,1	94,6	39,4	

Tabla 3. Valores extremos del tiempo en Salamanca. [1]

Temperaturas	Grados [°C]	Kelvin (Grados +273) [K]
Exterior (T _e) [°C]	-4'4	268'6
Oficinas (T _i) [°C]	20	293
Taller, Exposición y Pasillo (T _i) [°C]	6	279

Tabla 4. Tabla de temperaturas.

Para obtener el valor de las transmitancias de los cerramientos, es necesario conocer el valor de sus resistencias térmicas. El valor de estas resistencias se pueden obtener directamente de tablas o conociendo la conductividad térmica de los materiales por medio de la siguiente fórmula:

$$Resistencia\ térmica = \frac{Espesor\ del\ material}{Conductividad\ térmica} \quad (3)$$

Sin embargo, el CTE DB HE informa acerca de unas resistencias térmicas que no dependen de los materiales y las cuales hay que tener en cuenta. Dichos valores se recogen en las tablas E.1 y E.6.

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R _{se}	R _{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal 	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal <60° y flujo ascendente 	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente 	0,04	0,17

Tabla 5. Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m²K/W. (CTE DB HE). [2]

Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor	R_{se}	R_{si}
<i>Particiones interiores</i> verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal 	0,13	0,13
<i>Particiones interiores</i> horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente 	0,10	0,10
<i>Particiones interiores</i> horizontales y flujo descendente 	0,17	0,17

Tabla 6. Tabla E.6 Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores en m^2K/W (CTE DB HE).

[3]

Indicar que el valor de la transmitancia para el muro cortina SG52 para la zona de oficinas, se obtiene a partir de una aplicación online que proporciona la empresa “CORTIZO”, la cual te permite indicar el tipo de muro que quieres colocar, del material de acristalamiento de colocar, los montantes y travesaños... y al finalizar el proceso te proporciona un informe con los cálculos realizados y el valor de transmitancia del muro que has seleccionado. La aplicación online se llama “CORTIZOLAB”.

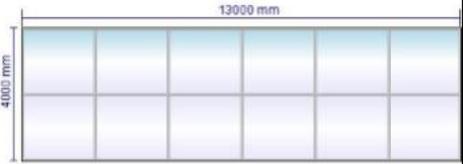
			
Ancho (mm)	13000		
Alto (mm)	4000		
Nº horizontales	3		
Nº de verticales	7		
Montante	9801		
Travesaño	9850		
Vidrio	4 (6) 4 Ug: 3,3; Rw (C; Ctr): 29 (-1; -4)		

Figura 1. Datos de la muestra introducidos en la aplicación “CORTIZOLAB”.

$$U_{cw} = \frac{A_g \cdot U_g + A_m \cdot U_m + A_t \cdot U_t}{A_g + A_m + A_t}$$

siendo:

A_g = Área de vidrio en m².

U_g = Transmitancia térmica del vidrio en W/m²K.

A_m = Área de montante en mm².

U_m = Transmitancia térmica del montante en W/m²K.

A_t = Área de travesaño en mm².

U_t = Transmitancia térmica del travesaño en W/m²K.

U_{cw} = Transmitancia térmica de la fachada en W/m²K.

Los valores obtenidos para esta modulación son:

A_g	A_m	A_t	U_t	U_m	U_g	U_{cw}
48,52	1,46	2,03	2,1	2,1	3,3	3,22

$$U_{cw} \text{ (W/m}^2\text{K)} = 3,22$$



Figura 2. Ficha de cálculo térmico suministrada por el informe de la aplicación “CORTIZOLAB”.

➤ Transmitancias de muros, suelo, techo y huecos

Paredes de ladrillo simple aisladas :	Espesor ladrillo hueco sencillo [m]=		0,04
	Espesor del aislante de poliestireno expandido de 22 kg/m ³ [m]=		0,04
	Espesor del enlucido de yeso [m]=		0,01
	Resistencia térmica ladrillo hueco sencillo [m ² ·K/W] (Rl)=		0,09
	Resistencia térmica poliestireno expandido de 22 kg/m ³ [m ² ·K/W] (Rp)=		1,08
	Resistencia térmica del enlucido de yeso [m ² ·K/W] (Ry)=		0,02
	Transmitancia de la pared [W/m ² ·K]=	$1/(Rl+Rp+2\cdot Ry+Rse+Rsi)=$	
Pared cristal de las oficinas:	Transmitancia muro cortina SG 52 [W/m·k]=		3,22
Techo:	Espesor [m]=		0,50
	Conductividad placas de escayola [W/m·K] (C2)=		0,25
	Resistencia térmica placas de escayola [m ² ·K/W] (Re)=	Espesor/C2=	2,00
	Transmitancia del techo [W/m ² ·K]=	$1/(Re+Rse+Rsi)=$	0,45
Suelo:	Espesor [m]=		0,32
	Conductividad del parquet y tarima [W/m·K] (C3)=		0,10
	Resistencia térmica del parquet y tarima [m ² ·K/W] (Rt)=	Espesor/C3=	3,20
	Resistencia térmica del forjado [m ² ·K/W] (Rf)=		0,28
	Transmitancia del forjado [W/m ² ·K] =	$1/(Rt+Rf+Rse+Rsi)=$	0,26
Puertas de madera para oficinas:	Transmitancia de la madera [W/m ² ·K] (U5)=		2,20
	Transmitancia del marco [W/m ² ·K] (U6)=		2,20
	Dimensiones de la puerta [m ²]=	0,65·1,93=	1,26
	Dimensiones del marco de la puerta [m ²] (A6)=	(0,1·0,65)+2·(0,1·2,03)=	0,47
	Dimensiones de la puerta de madera [m ²] (A5)=	0,85·2,03=	1,73
	Factor de Marco (FM)=	$2\cdot A6/2\cdot A5=$	0,27
	Transmitancia de la puerta de madera [W/m ² ·K]=	$(1-FM)\cdot U5+FM\cdot U6=$	2,20

Tabla 7. Valores de transmitancia para muros, suelo, techo y huecos.

➤ Pérdidas en oficina vendedor

Oficina vendedor 1	Envolvente:	Tabique ladrillo simple en contacto con el taller		
		Tabique ladrillo simple en contacto con el pasillo (1)		
		Tabique ladrillo simple en contacto con oficina vendedor 2		
		Tabique ladrillo simple en contacto con el pasillo (2)		
		Techo de placas de escayola		
		Forjado		
	Huecos:	Puerta de madera		
	Dimensiones [m²]:	Tabique en contacto con el taller (S1)=	3,5·6,5=	22,75
		Tabique en contacto con el pasillo (1) (S2)=	(3,5·6,5)-S6=	21,02
		Tabique en contacto con el pasillo (2) (S3)=	3,5·6,3=	22,05
		Techo de placas de escayola (S4)=	6,5·6,5=	42,25
		Forjado (S5)=	6,5·6,5=	42,25
		Puerta de madera (S6)=	0,85·2,03=	1,73
	Transmitancias térmicas [W/m²·K]:	Tabique en contacto con el taller (U1)=	0,68	
		Tabique en contacto con el pasillo (1) (U2)=	0,68	
		Tabique en contacto con el pasillo (2) (U3)=	0,68	
		Techo de placas de escayola (U4)=	0,46	
		Forjado (U5)=	0,26	
		Puerta de madera (U6)=	2,20	
	Pérdidas [W]:	Tabique en contacto con el taller:	Q1= U1·S1·(Ti-Tt)·1,25=	270,73
		Tabique en contacto con el pasillo (1):	Q2= U2·S2·(Ti-Tt)·1,25=	250,14
		Tabique en contacto con el pasillo (2):	Q3= U3·S3·(Ti-Tt)·1,25=	262,40
		Techo de placas de escayola:	Q4= U4·S4·(Ti-Tt)·1,25=	336,42
		Forjado:	Q5= U5·S5·(Ti-Tt)·1,25=	193,72
		Puerta de madera:	Q6= U6·S6·(Ti-Tt)·1,25=	66,61
		Totales:	Qt1=	1379,99

Tabla 8. Cálculos y resultado de las pérdidas en oficina de vendedor.

➤ Pérdidas en oficina de vendedor

Oficina vendedor 2	Envolvente:	Tabique ladrillo simple en contacto con el taller (1)		
		Tabique ladrillo simple en contacto con el taller (2)		
		Tabique ladrillo simple en contacto con el pasillo		
		Tabique ladrillo simple en contacto con oficina vendedor 1		
		Techo de placas de escayola		
		Forjado		
	Huecos:	Puerta de madera		
	Dimensiones [m²]:	Tabique en contacto con el taller (1) (S1')=	3,5·6,5=	22,75
		Tabique en contacto con el taller (2) (S2')=	3,5·6,3=	22,05
		Tabique en contacto con el pasillo (S3')=	(3,5·6,5)-S6'=	21,02
		Techo de placas de escayola (S4')=	6,5·6,5=	42,25
		Forjado (S5')=	6,5·6,5=	42,25
		Puerta de madera (S6')=	0,85·2,03=	1,73
	Transmitancias térmicas [W/m²·K]:	Tabique en contacto con el taller (1) (U1')=		0,68
		Tabique en contacto con el taller (2) (U2')=		0,68
		Tabique en contacto con el pasillo (U3')=		0,68
		Techo de placas de escayola (U4')=		0,46
		Forjado (U5')=		0,26
		Puerta de madera (U6')=		2,20
	Pérdidas [W]:	Tabique en contacto con el taller (1):	Q1' = U1'·S1'·(Ti-Tt)·1,25=	270,73
		Tabique en contacto con el taller (2):	Q2' = U2'·S2'·(Ti-Tt)·1,25=	262,40
		Tabique en contacto con el pasillo:	Q3' = U3'·S3'·(Ti-Tt)·1,25=	250,14
		Techo de placas de escayola:	Q4' = U4'·S4'·(Ti-Tt)·1,25=	336,42
		Forjado:	Q5' = U5'·S5'·(Ti-Tt)·1,25=	193,72
		Puerta de madera:	Q6' = U6'·S6'·(Ti-Tt)·1,25=	66,61
		Totales:	Qt2=	1379,99

Tabla 9. Cálculos y resultado de las pérdidas en oficina de vendedor.

➤ Pérdidas en oficina del gerente

Oficina gerente	Envolvente:	Muro cortina de las oficinas		
		Tabique ladrillo simple en contacto con el taller		
		Tabique ladrillo simple en contacto con el pasillo		
		Tabique ladrillo simple en contacto con oficina administrativo		
		Techo de placas de escayola		
		Forjado		
	Huecos:	Puerta de madera		
	Dimensiones [m²]:	Tabique en contacto con el taller (S1")=	3,5·6,3=	22,05
		Muro cortina de las oficinas (S2")=	3,5·6,5=	22,75
		Tabique en contacto con el pasillo (S3")=	(3,5·6,5)-S6"=	21,02
		Techo de placas de escayola (S4")=	6,5·6,5=	42,25
		Forjado (S5")=	6,5·6,5=	42,25
		Puerta de madera (S6")=	0,85·2,03=	1,73
	Transmitancias térmicas [W/m²·K]:	Tabique en contacto con el taller (U1")=		0,68
		Muro cortina de las oficinas (U2")=		3,22
		Tabique en contacto con el pasillo (U3")=		0,68
		Techo de placas de escayola (U4")=		0,46
		Forjado (U5")=		0,26
		Puerta de madera (U6")=		2,20
	Pérdidas [W]:	Tabique en contacto con el taller :	Q1"= U1"·S1"·(Ti-Tt)·1,25=	262,40
		Muro cortina de las oficinas:	Q2"= U2"·S2"·(Ti-Tt)·1,25=	1281,96
		Tabique en contacto con el pasillo:	Q3"= U3"·S3"·(Ti-Tt)·1,25=	250,14
		Techo de placas de escayola:	Q4"= U4"·S4"·(Ti-Tt)·1,25=	336,42
		Forjado:	Q5"= U5"·S5"·(Ti-Tt)·1,25=	193,72
		Puerta de madera:	Q6"= U6"·S6"·(Ti-Tt)·1,25=	66,61
		Totales:	Qt3=	2391,23

Tabla 10. Cálculos y resultado de las pérdidas en oficina del gerente.

➤ Pérdidas en oficina del administrativo

Oficina administrativo	Envolvente:	Muro cortina de las oficinas		
		Tabique ladrillo simple en contacto con el pasillo (1)		
		Tabique ladrillo simple en contacto con el pasillo (2)		
		Tabique ladrillo simple en contacto con oficina gerente		
		Techo de placas de escayola		
		Forjado		
	Huecos:	Puerta de madera		
	Dimensiones [m²]:	Tabique en contacto con el pasillo (1) (S1''')=	(3,5·6,5)·S6'''=	21,02
		Tabique en contacto con el pasillo (2) (S2''')=	3,5·6,3=	22,05
		Muro cortina de las oficinas (S3''')=	3,5·6,5=	22,75
		Techo de placas de escayola (S4''')=	6,5·6,5=	42,25
		Forjado (S5''')=	6,5·6,5=	42,25
		Puerta de madera (S6''')=	0,85·2,03=	1,73
	Transmitancias térmicas [W/m²·K]:	Tabique en contacto con el pasillo (1) (U1''')=		0,68
		Tabique en contacto con el pasillo (2) (U2''')=		0,68
		Muro cortina de las oficinas (U3''')=		3,22
		Techo de placas de escayola (U4''')=		0,46
		Forjado (U5''')=		0,26
		Puerta de madera (U6''')=		2,20
	Pérdidas [W]:	Tabique en contacto con el pasillo:	Q1'''= U1'''·S1'''·(Ti-Tt)·1,25=	250,14
		Tabique en contacto con el pasillo:	Q2'''= U2'''·S2'''·(Ti-Tt)·1,25=	262,40
		Muro cortina de las oficinas:	Q3'''= U3'''·S3'''·(Ti-Tt)·1,25=	1281,96
		Techo de placas de escayola:	Q4'''= U4'''·S4'''·(Ti-Tt)·1,25=	336,42
		Forjado:	Q5'''= U5'''·S5'''·(Ti-Tt)·1,25=	193,72
		Puerta de madera:	Q6'''= U6'''·S6'''·(Ti-Tt)·1,25=	66,61
		Totales:	Qt4=	2391,23

Tabla 11. Cálculos y resultado de las pérdidas en oficina del administrativo.

La bomba que se coloca es una bomba de calor aire-aire modelo AIRSYS KH10 o similares. Este modelo incorpora split horizontales. Los datos técnicos de este modelo son:

AIRSYS KH	Sólo Frío	KHC	10	12	15	20	25	30
AIRSYS KH	Bomba de Calor	KHH	10	12	15	20	25	30
Capacidad frigorífica/calorífica		KW	9,7/10	12 / 12,5	15 / 15,5	19,5 / 20,5	23,5 / 25	27 / 27,9
Potencia absorbida Frío/Calor		KW	3,7 / 3,2	5,2 / 4,5	5,9 / 5,4	8,0 / 6,8	9,7 / 8,7	11,8 / 10
Voltaje		V / f /50 Hz	230V / 1Ph		400V / 3Ph			
EER			2,81	2,32	2,55	2,45	2,44	2,3
COP			3,12	2,8	2,85	3	2,88	2,8
Intensidad de arranque		A	90,2 / 34,1	39,7	49	75,3	82,3	86,9
Intensidad absorbida máxima		A	31,7/13,7	16	16,6	23,6	30	31
Número de circuitos de refrigerante		m ²	1	1	1	1	1	1
UNIDAD INTERIOR SÓLO FRÍO/ BOMBA DE CALOR		KHCI/KHHI	10	12	15	20	25	30
Potencia absorbida máxima		kw	0,4	0,4	0,8	1,0	1,3	1,3
Voltaje		V / f /50 Hz	230V / 1Ph		400V / 3Ph			
Intensidad absorbida máxima		A	2,6	2,6	2,8	4,3	4,3	4,3
Caudal de aire máximo		m ³ /h	2350	2300	3575	4850	5750	5500
Caudal de aire mínimo		m ³ /h	1500	1650	2140	3090	3455	3695
Presión estática disponible máxima		Pa	120	110	160	200	240	180
UNIDAD EXTERIOR SÓLO FRÍO/ BOMBA DE CALOR		KHCE/KHHE	10	12	15	20	25	30
Potencia absorbida máxima		kw	5,1 / 4,9	6,1	7	9,4	11,3	13
Voltaje		V / f /50 Hz	230V / 1Ph		400V / 3Ph			
Intensidad máxima		A	29,1 / 11,1	13,4	15,8	19,3	25,7	28,7
Caudal de aire máximo		m ³ /h	3500	3400	4500	5650	6000	5850
Caudal de aire mínimo		m ³ /h	2350	2400	3740	4095	4760	5000
Presión estática disponible máxima		Pa	100	90	120	150	160	100

Tabla 12. Datos técnicos de la bomba de calor aire-aire. [4]

El modelo seleccionado cumpliría las pérdidas de potencia ya que suministra una potencia de 10 kW en capacidad calorífica y es suficiente para contrarrestar el total de las pérdidas de las 4 oficinas, cuyo valor es 7'54 kW.

Referencias

[1] Apuntes de la asignatura "Instalaciones Industriales y en Edificación I", impartida por el profesor Mario Matas Hernández. (11 de Julio de 2017)

[2] http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/r5-rd314-2006.nor2.html (11 de Julio de 2017)

[3] http://www.scalofrios.es/CEE/DB_HE1_ant/e.1.3.htm (11 de Julio de 2017)

[4] <https://www.kosner.es/pdf/AIRSYS%20KH.pdf> (14 de Julio de 2017)

En Béjar, a 4 de septiembre de 2017

Fdo. D. Francisco Manuel García Ingelmo

ANEXO: INSTALACIÓN DE PRESIÓN

ÍNDICE

1. Antecedentes.....	3
2. Dimensionamiento.....	3
Referencias	8

1. Antecedentes

Este anexo sirve para dimensionar la instalación de presión de aire comprimido que es necesaria para el uso de algunas herramientas, principalmente las llaves de impacto, necesarias tanto en el box de servicio rápido como en los box mecánicos. Además de dimensionar la red, se determina el tipo de compresor necesario para que la presión y el caudal sean los necesarios en las herramientas.

La red se puede dividir en dos partes. Una parte va destinada al box de servicio rápido y el otro suministra aire comprimido a los box mecánicos.

El compresor de aire comprimido se sitúa fuera de la nave en el lateral izquierdo. La red que va hacia el box de servicio rápido está por fuera de la nave, pegada al cerramiento y a una altura de 1'5 metros. La otra red comienza pegada al cerramiento lateral y a la altura de 1'5 metros. Para llevar la red a los box, hay un tramo que va por debajo del terreno a una profundidad de 0'8 metros. Este tramo va desde el lateral de la nave hasta los puntos de consumo de los box mecánicos. Las tuberías de derivación se conectan a los puntos de consumo, los cuales están a una altura de 1'5 metros de altura desde el pavimento.

Para el diseño y dimensionamiento de esta instalación, la normativa utilizada es la dispuesta en el Reglamento de equipos a presión y en sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

2. Dimensionamiento

En la instalación tenemos tres puntos de consumo repartidos en el box de servicio rápido y los dos box de mecánicos. El uso de estos puntos será para diferentes herramientas que son necesarias para desarrollar el trabajo en el taller. La instalación tiene una tipología sencilla.

Para calcular el flujo de aire necesario, elegimos la herramienta con el consumo de aire más desfavorable. Para este caso, la herramienta más desfavorable es la pistola de impacto neumática. Se escoge una pistola de impacto neumática de 3/4" de la empresa "WURTH" o similar, la cual tiene un consumo de 240 l/min. Los datos técnicos de esta pistola son:

Art. N°	0703 316 0	0703 317 0
Cuadradillo	3/4"	1"
Par fuerza trabajo*	271 - 1.491 Nm	
Par fuerza máximo al aflojar	1.830 Nm	
Presión óptima de trabajo	6,3 Bar	
Consumo de aire	240 l/min	
Rosca de entrada de aire	G 3/8"	
Ø min. interior de manguera	11 mm	
Nivel de ruido	91,1 db(A)	
Dimensiones (L x A x H)	217 x 83 x 205 mm	225 x 83 x 205 mm
Peso	3,35 kg	3,36 kg

Tabla 1. Datos técnicos de la pistola escogida. [1]

Como puede ocurrir que varias pistolas puedan funcionar a la vez, se toma un coeficiente de simultaneidad. El coeficiente tomado es un coeficiente de simultaneidad de valor 2. Para evitar problemas con una posible ampliación posterior, se sobredimensiona la canalización principal en un 300% del flujo nominal.

$$F_N = 2 \cdot 240 = 480 \frac{l}{min} \text{ (flujo nominal)}$$

$$F_{ampl} = 2 \cdot 3 \cdot 240 = 1440 \frac{l}{min} \text{ (flujo prevención de ampliaciones)}$$

Las tuberías pueden clasificarse en tres tipos:

- Tuberías o ramales principales: salen del compresor y suministra el caudal nominal total a las tuberías de distribución. Se dimensiona para la ampliación del 300% y la velocidad del aire no debe superar los 8 m/s. El diámetro es el mayor posible.
- Tuberías de distribución: conectan el ramal principal con las diferentes tuberías de servicio. El caudal de estas tuberías es igual a la suma de los caudales de los puntos de consumo que conectan y la velocidad no debe sobrepasar los 8 m/s.
- Tuberías de servicio: derivaciones de las tuberías de distribución, que unen éstas con los puntos de consumo. La velocidad no debe sobrepasar los 15 m/s.

Existen ciertas consideraciones que hay que tener en cuenta.

1. Una de ellas es que han de evitarse tuberías con un diámetro inferior a 1/2", ya que estos diámetros tan pequeños provocan pérdidas de carga elevadas.
2. La pérdida de presión máxima no puede superar el 2% de la presión del compresor.
3. Se suele tomar un 10 % de la presión para hacer frente a las pérdidas totales.
4. Se fija la velocidad máxima del aire entre 6 y 10 m/s.

Se realiza un predimensionado de las canalizaciones y se comprueba que no se superan los valores de velocidad y caída de presión recomendados. La presión de trabajo de la pistola, elegida anteriormente, es de 6'3 bar. Para el predimensionado, se toma una presión de trabajo del compresor de 7 bar.

Las longitudes y los caudales de la tubería principal y de las tuberías secundarias y de servicio son:

Tubería	Longitud (m)	Caudal (l/min)
Tubería principal	3	480
Tubería secundaria (box de servicio rápido)	8'5	240
Tubería secundaria (box mecánico)	25'3	240
Tubería de servicio (box de servicio rápido)	0'16	80 (todas iguales)
Tubería de servicio (box mecánico)	2'3 (cada una)	80 (todas iguales)

Tabla 2. Longitudes y caudales de los diferentes tramos.

Gracias a la geometría sencilla y para facilitar los cálculos de la red, se unen la tubería principal con las tuberías secundarias en una sola canalización, canalización principal. Por lo tanto la tabla 2 quedaría modificada de la siguiente forma:

Canalización	Longitud (m)	Caudal (l/min)
Canalización principal	36'8	480*
Canalización de servicio (box de servicio rápido)	0'16	80 (todas iguales)
Canalización de servicio (box mecánico)	2'3 (cada una)	80 (todas iguales)

(*) Previsión de una ampliación del 300%

Tabla 3. Modificación de la tabla 2.

También hay que tener en cuenta las pérdidas que se producen debido a los accesorios que hay colocados en la instalación. Para ello, a cada accesorio se le atribuye una longitud equivalente.

Tipo de accesorio	Diámetro nominal tuberías									
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125
Codo	0,26	0,37	0,49	0,67	0,76	1,07	1,37	1,83	2,44	3,2
Curva 90°	0,15	0,18	0,24	0,38	0,46	0,61	0,76	0,91	1,2	1,52
Curva 180°	0,46	0,61	0,76	1,07	1,2	1,68	1,98	2,6	3,66	4,88
Válvula de esfera	0,76	1,07	1,37	1,98	2,44	3,36	3,96	5,18	7,32	9,45
Válvula de compuerta	0,107	0,14	0,18	0,27	0,32	0,4	0,49	0,64	0,91	1,2
T estándar paso recto	0,12	0,18	0,24	0,38	0,4	0,52	0,67	0,85	1,2	1,52
T estándar paso angular	0,52	0,7	0,91	1,37	1,58	2,14	2,74	3,56	4,88	6,4

Tabla 4. Longitud equivalente de elementos de conexión y accesorios (m). [3]

Los elementos que se disponen en la instalación son: 1 válvula en cada canalización principal y punto de consumo; 5 codos de 90°, 2 Tes de paso recto y 5 elementos de unión

entre conductos (longitud equivalente para pérdida de carga de 0'36 m). Sin embargo tenemos la excepción de que el tramo de tubería de servicio para el box de servicio rápido no dispone de válvula ya que con la que se coloca en su tubería de derivación es suficiente. Para obtener el valor de los diámetros del predimensionado de las diferentes canalizaciones, se utiliza la fórmula de Renouard:

$$P_a - P_b = \frac{C_{RC} \cdot \rho_r \cdot L_{equ} \cdot Q^{1'82}}{2 \cdot P_n \cdot D^{4'82}} \quad (1)$$

Dónde:

- P_a y P_b son las presiones absolutas en el origen y en el extremo (bar)
- C_{RC} : coeficiente de Renouard cuadrático, de valor 48'6.
- ρ_r : densidad relativa del gas. La densidad de referencia para los gases es la del aire por lo que el valor de la densidad relativa para el aire es 1.
- Q : caudal (Nm^3/h)
- D : diámetro interior de la conducción (m/s)
- P_n : presión nominal (7 bar)

$$D = \left(\frac{C_{RC} \cdot \rho_r \cdot L_{equ} \cdot Q^{1'82}}{2 \cdot P_n \cdot \Delta P} \right)^{1/4'82} = \left(\frac{3'47 \cdot L_{equ} \cdot Q^{1'82}}{\Delta P} \right)^{0'21} \quad (2)$$

Como se indicó anteriormente, la caída de presión en las tuberías no puede superar el 2% de la presión del compresor. Como se considera para el predimensionado que la presión del compresor es de 7 bar, la caída de presión tiene un valor de 0'14 bar.

- Canalización principal

$$D = \left(\frac{3'47 \cdot 36'8 \cdot 86'4^{1'82}}{0'14} \right)^{0'21} = 23 \text{ mm}$$

- Canalización de servicio (box de servicio rápido)

$$D = \left(\frac{3'47 \cdot 0'16 \cdot 4'8^{1'82}}{0'14} \right)^{0'21} = 2'43 \text{ mm}$$

- Canalización de servicio (box mecánico)

$$D = \left(\frac{3'47 \cdot 2'3 \cdot 4'8^{1'82}}{0'14} \right)^{0'21} = 4'26 \text{ mm}$$

La fórmula de Renouard también nos permite obtener las pérdidas que hay en cada tramo. La longitud equivalente que se introduce es la suma de la longitud de las tuberías más las longitudes equivalentes de los accesorios de cada tramo. También hay que comprobar que las velocidades de cada tramo no superan los valores indicados. Para obtener los valores de las velocidades de los tramos, se utiliza la siguiente fórmula:

$$v = \frac{354 \cdot Q \cdot Z}{P_n \cdot D^2} \text{ siendo } Z \approx 1 \text{ para el aire} \quad (3)$$

- Canalización principal: los accesorios localizados en este tramo son 2 Tes de paso recto, 4 codos de 90°, 7 válvulas de esfera y 2 elementos de unión entre conductos.

$$D = 23 \text{ mm} \rightarrow D = 25 \text{ mm (medida estándar)}$$

$$L_{equ} = 36'8 + 2 \cdot 0'24 + 2 \cdot 0'49 + 7 \cdot 1'37 + 2 \cdot 0'36 = 48'57 \text{ m}$$

$$\Delta P_{principal} = 3'47 \cdot \frac{L_{equ} \cdot Q^{1'82}}{D^{4'82}} = 3'47 \cdot \frac{48'57 \cdot 86'4^{1'82}}{25^{4'82}} = 0'103 \text{ bares} < 0'14 \text{ bares}$$

→ cumple

$$v = \frac{354 \cdot Q \cdot Z}{P_n \cdot D^2} = 50'57 \frac{Q}{D^2} = 6'99 \frac{m}{s} < 8 \frac{m}{s} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Canalización de servicio (box de servicio rápido): los accesorios localizados en este tramo son 1 válvula de esfera, 1 elementos de unión entre conductos y 1 unidad de mantenimiento cuya pérdida de carga por longitud equivalente es 8'2 metros.

$$D = 2'43 \text{ mm} \rightarrow D = 16 \text{ mm (medida estándar superior a } 1/2'')$$

$$L_{equ} = 0'16 + 1'07 + 0'36 + 8'2 = 9'79 \text{ m}$$

$$\Delta P_{serv1} = 3'47 \cdot \frac{L_{equ} \cdot Q^{1'82}}{D^{4'82}} = 3'47 \cdot \frac{9'79 \cdot 4'8^{1'82}}{16^{4'82}} = 0'00093 \text{ bares} < 0'14 \text{ bares} \rightarrow \text{cumple}$$

$$v = \frac{354 \cdot Q \cdot Z}{P_n \cdot D^2} = 50'57 \frac{Q}{D^2} = 0'95 \frac{m}{s} < 15 \frac{m}{s} \rightarrow \text{Cumple}$$

- Canalización de servicio (box mecánico): los accesorios localizados en este tramo son 1 válvula de esfera, 1 elementos de unión entre conductos y 1 unidad de mantenimiento cuya pérdida de carga por longitud equivalente es 8'2 metros.

$$D = 4'26 \text{ mm} \rightarrow D = 16 \text{ mm (medida estándar superior a } 1/2'')$$

$$L_{equ} = 2'3 + 1'07 + 0'36 + 8'2 = 11'93 \text{ m}$$

$$\Delta P_{serv2} = 3'47 \cdot \frac{L_{equ} \cdot Q^{1'82}}{D^{4'82}} = 3'47 \cdot \frac{11'93 \cdot 4'8^{1'82}}{16^{4'82}} = 0'001 \text{ bares} < 0'14 \text{ bares} \rightarrow \text{cumple}$$

$$v = \frac{354 \cdot Q \cdot Z}{P_n \cdot D^2} = 50'57 \frac{Q}{D^2} = 0'95 \frac{m}{s} < 15 \frac{m}{s} \rightarrow \text{Cumple}$$

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{principal} + \Delta P_{serv1} + (2 \cdot \Delta P_{serv2})$$

$$\Delta P_{total} = 0'103 + 0'00093 + (2 \cdot 0'001) = 0'106 \text{ bares} < 0'7 \text{ bares} \rightarrow \text{Cumple}$$

	Diámetro	Material	Conexiones
Canalización principal	25 mm	Aluminio	Elemento plástico
Canalización de servicio	16 mm	Aluminio	Elemento plástico

Tabla 5. Resumen de las canalizaciones.

Ahora queda seleccionar el compresor que se adapte a las necesidades calculadas. Estas necesidades obtenidas son:

- Caudal del aire generado de 480 l/min (28'8 Nm³/h)
- Presión nominal de trabajo de 7 bares
- Máxima caída de presión admitida en la instalación 0'7 bares.

El compresor elegido es un compresor Cevik FIAC 300L 5'5 CV o de otro similar. Los datos técnicos de este compresor son:

Presión	10 bares
Potencia	5,5 CV
Capacidad del calderín	270 litros
Caudal	550 litros/minuto
Peso	175 kg
Autolubricación	No

Tabla 6. Ficha técnica del compresor. [3]

El compresor se encuentra ubicado en el interior de un cerramiento en el lateral de la nave ya que el compresor no debe quedar a la intemperie.

Por último queda el dimensionamiento del depósito y la selección de la unidad de mantenimiento.

Para el dimensionamiento del depósito no hay ninguna norma general que indique como realizar el dimensionamiento. Estos depósitos deben diseñarse en función de la demanda y del tamaño del compresor, teniendo en cuenta los arranques por hora y los tiempos máximos de funcionamiento. Lo normal es que el fabricante indique la capacidad del depósito. En este caso, se ha escogido un compresor con depósito.

La unidad de mantenimiento debe estar formada por los siguientes elementos: filtro de aire comprimido, elimina los contaminantes sólidos; regulador de presión, disminuye la presión; y lubricador de aire comprimido, dosifica la cantidad requerida. Para este caso, la unidad de mantenimiento tiene que poder llevar un caudal de 80 l/min (4'8 m³/h) y una caída de presión máxima en longitud equivalente de 8'2 metros para una tubería de 16 mm.

Referencias

[1] <http://www.wurth.es/pistola-neumatica-de-impacto-dss> (18 de Julio de 2017)

[2]

<http://bibinq.us.es/proyectos/abreproy/4910/fichero/Documento+C.+Anexos%252FAnexo+9.+Aire+Comprimido.pdf> (18 de Julio de 2017)

[3]

<http://www.leroymerlin.es/fp/10905384/compresor-cevik-fiac-300l-55-cv?idCatPadre=600272&pathFamiliaFicha=550402#ficha-tecnica> (18 de Julio de 2017)

En Béjar, a 4 de Septiembre de 2017.

Fdo. D. Francisco Manuel García Ingelmo

**ANEXO:
INSTALACIÓN DE
SEGURIDAD
CONTRA
INCENDIOS**

ÍNDICE

1. Normativa en Seguridad Contra Incendios	4
1.1. Datos de partida	4
1.2. Ámbitos de aplicación	5
2. Instalación contra incendios	6
2.1. Sector de almacenamiento.....	6
2.1.1. Requisitos constructivos en función de su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco.....	9
2.1.1.1. Material	9
2.1.1.2 Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes.....	10
2.1.1.3. Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento	11
2.1.1.4. Evacuación de los establecimientos industriales	12
2.1.1.5 Almacенamientos	12
2.1.1.6. Sistemas de detección, extinción y control de incendio	13
2.2. Sector de fabricación y venta	14
2.2.1. Requisitos constructivos en función de su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco.....	15
2.2.1.1. Material	16
2.2.1.2 Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes.....	16
2.2.1.3. Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento	17
2.2.1.4. Evacuación de los establecimientos industriales	17
2.2.1.5. Sistemas de detección, extinción y control de incendio	18

2.3 Sector administrativo	19
2.3.1. Requisitos constructivos en función de su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco.....	20
2.3.1.1. Material	20
2.3.1.2 Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes	21
2.3.1.3. Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento	21
2.3.1.4. Evacuación de los establecimientos industriales	22
2.3.1.5. Sistemas de detección, extinción y control de incendio	22
3. Cálculo de evacuación de los ocupantes en caso de incendio.....	24
4. Facilidad en caso de intervención de los bomberos	28
Referencias	28

1. Normativa en Seguridad Contra Incendios

Al tratarse de un edificio industrial, la normativa que hay que utilizar para realizar el estudio de seguridad contra incendios es el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (RSCIEI). Este reglamento es aprobado por el RD 2267/2004. También se requiere en algunos casos el uso del CTE DB SI.

1.1. Datos de partida

La nave está compuesta por una planta baja y por una primera planta. Las distintas alturas que hay en la nave son: altura al cumbre, 11 metros; altura de los paramentos verticales y altura de la zona de exposición, 9 metros; altura del almacén industrial, de la cabina de dicho almacén y de los vestuarios, 4 metros; altura de los aparcamientos y de los servicios públicos, 3'2 metros; y altura de las oficinas 4 metros. La planta baja se divide en las siguientes zonas:

- Exposición: 231 m²
- Servicios públicos: 12 m²
- Aparcamiento: 219 m²
- Taller: 1149 m²
- Vestuarios: 60 m²
- Cabina del almacén industrial: 9 m²
- Almacén industrial: 195 m²

La primera planta de la nave está compuesta por:

- Oficinas: 231 m²

Para realizar el estudio, es necesario realizar una sectorización de la nave, es decir, se divide la nave en distintos sectores, cada uno de los cuales agrupa zonas de la planta baja y de la primera planta de la nave. La sectorización es necesaria ya que en función de la actividad que se realice en cada sector, los cálculos a realizar son diferentes.

Los sectores que se disponen en la nave son: sector de almacenamiento (almacén industrial y cabina del almacén industrial); sector de producción, transformación, reparación o cualquier zona distinta a la de almacenamiento (exposición, servicios públicos, aparcamiento, taller y vestuarios), la cual se nombra como sector de fabricación y ventas; y sector administrativo (oficinas).

Dentro del RSCIEI, se clasifica la nave como un establecimiento tipo C. Se clasifica dentro de este grupo ya que ocupa la totalidad del edificio y, debido a los retranqueos laterales (3 m), al retranqueo de la fachada trasera (3 m) y al retranqueo de la fachada principal (10 m), no hay ningún otro establecimiento a una distancia inferior de 3 metros.

1.2. Ámbitos de aplicación

Como se indica en el punto anterior, se realiza la sectorización debido a las diferentes actividades que hay en la nave. En función de la actividad de cada sector, hay que utilizar la normativa mencionada anteriormente, para realizar unas operaciones u otras. La división es la siguiente:

- **Sector de almacenamiento**: para este sector, hay que utilizar el reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.
- **Sector de fabricación y ventas**: la normativa necesaria es el reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.
- **Sector administrativo**: para saber la normativa que hay que aplicar en este sector, hay que recurrir al artículo 3, punto 2 del RSCIEI. Dicho artículo establece unos requisitos para sectores de uso distinto al industrial. De cumplirse esos requisitos, la normativa que hay que aplicar en este sector es el CTE DB SI. Si no se cumplen los requisitos, la norma que se aplica es el RSCIEI. En la siguiente imagen se muestran dichos requisitos:

2. Cuando en un establecimiento industrial coexistan con la actividad industrial otros usos con la misma titularidad, para los que sea de aplicación la Norma básica de la edificación: condiciones de protección contra incendios, o una normativa equivalente, los requisitos que deben satisfacer los espacios de uso no industrial serán los exigidos por dicha normativa cuando superen los límites indicados a continuación:

- a) Zona comercial: superficie construida superior a 250 m².
- b) Zona administrativa: superficie construida superior a 250 m².
- c) Salas de reuniones, conferencias, proyecciones: capacidad superior a 100 personas sentadas.
- d) Archivos: superficie construida superior a 250 m² o volumen superior a 750 m³.
- e) Bar, cafetería, comedor de personal y cocina: superficie construida superior a 150 m² o capacidad para servir a más de 100 comensales simultáneamente.

Figura 1. Punto 2 del artículo 3 del RSCIEI. [1]

Para el sector administrativo, el requisito es que la superficie de este sector tiene que ser superior a 250 m². En nuestro caso, este requisito no se cumple ya que la superficie del sector administrativo se corresponde con la superficie de oficina, cuyo

valor es de $231 \text{ m}^2 < 250 \text{ m}^2$. Por lo tanto, la normativa que se aplica a este sector es el RSCIEI.

En los siguientes puntos del anexo, se realiza el estudio de la instalación contra incendios en cada zona por separado. Las puertas que conectan los diferentes sectores se tratan de puertas separativas ignífugas. Estas puertas son la que separa la zona de oficinas de la zona de exposición y la puerta que separa la cabina del almacén industrial del taller.

2. Instalación contra incendios

2.1. Sector de almacenamiento

Como se puede observar en el apartado 1.1., la nave se clasifica como un establecimiento de tipo C y la norma que se utiliza en este sector es el RSCIEI. Según este reglamento, para establecimientos de tipo C, se considera "sector de incendio" al espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso.

El primer paso para determinar el nivel de riesgo intrínseco, es obtener el valor de la densidad de carga de fuego de este sector. Como se trata de un sector destinado a actividades de almacenamiento, la fórmula que se utiliza para calcular la densidad de carga de fuego es:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{vi} \cdot C_i \cdot h_i \cdot s_i \cdot R_{ai}}{A} \quad (1)$$

Dónde, según el RSCIEI:

- Q_s : densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m^2 o Mcal/m^2 .
- q_{vi} : carga de fuego, aportada por cada m^3 de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio, MJ/m^3 o Mcal/m^3 .
- C_i : coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.
- h_i : altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles, (i), en m.
- s_i : superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo del almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en m^2 .

- R_{ai} : coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.
- A: superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m^2 .

El propio RSCIEI aporta los valores que hay que tomar para cada uno de estos parámetros. Los primeros valores que se obtienen son los valores de q_{vi} y de R_{ai} . Para ello, se utiliza la tabla de la siguiente imagen, la cual es una parte de toda la tabla que se recoge en el RSCIEI.

Actividad	Fabricación y venta			Almacenamiento		
	Q_s		R_a	q_v		R_a
	MJ/m ²	Mcal/m ²		MJ/m ³	Mcal/m ³	
Artículos metálicos, soldadura ligera	300	72	1,0			
Artículos pirotécnicos	Especial	Especial	Especial	2.000	481	3,0
Aserraderos	400	96	1,5			
Asfalto (bidones, bloques)				3.400	817	2,0
Asfalto, manipulación de	800	192	1,5	3.400	817	2,0
Automóvil, carrocerías de	200	48	1,0			
Automóviles, almacén de accesorios				800	192	1,5
Automóviles, garajes y aparcamientos	200	48	1,0			
Automóviles, guarnición	700	168	1,5			
Automóviles, montaje	300	72	1,5			
Automóviles, pintura	500	120	1,5			
Automóviles, reparación	300	72	1,0			
Automóviles, venta de accesorios	300	72	1,0			
Aviones	200	48	1,0			
Aviones, hangares	200	48	1,5			
Azúcar				8.400	2.019	2,0
Azúcar, productos de	800	192	1,5	800	192	1,5
Azúfre	400	96	2,0	4.200	1.010	2,0

Tabla 1. Valores de densidad de carga de fuego media de diversos procesos industriales, de almacenamiento de productos y riesgo de activación asociada, R_a . [1]

Se toman los valores de la actividad “Automóvil, almacén de accesorios”, que son 800 MJ/m³ para q_{vi} y 1’5 para R_{ai} . Ya se conoce el valor de A, que es la suma de la superficie de la zona de almacén industrial más la superficie de la zona de la cabina del almacén industrial. El resultado de esta suma es 204 m². También se conoce el valor de h_i para este sector que es de 3’75 metros, ya que la altura del almacén y de la cabina de este es de 4 metros. Para el valor de s_i , se toma el valor del 70% de A, que es de 142’8 m². Por último, queda conocer el valor de C_i . El RSCIEI aporta una tabla con el valor de este parámetro en función del grado de peligrosidad de los combustibles que pueda haber en el sector de estudio. La tabla que hay que seguir es la siguiente:

ALTA	MEDIA	BAJA
– Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1	– Líquidos clasificados como subclase B ₂ en la ITC MIE-APQ1.	– Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1.
– Líquidos clasificados como subclase B ₁ en la ITC MIE-APQ1.	– Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1.	
– Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100 °C.	– Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 °C y 200 °C.	– Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 °C.
– Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente.	– Sólidos que emiten gases inflamables.	
– Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente.		
$C_i = 1,60$	$C_i = 1,30$	$C_i = 1,00$

Tabla 2. Valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i . [1]

A los productos que pueden contenerse en el almacén, se le otorga una peligrosidad media, por lo que el valor de C_i para este sector es 1'3. Con todos los datos obtenidos, se calcula el valor de la densidad de carga de fuego.

$$Q_s = \frac{800 \cdot 1'3 \cdot 3'75 \cdot 142'8 \cdot 1'5}{204} = 4095 \frac{MJ}{m^2}$$

Conocido este valor, se puede determinar el nivel de riesgo intrínseco que hay que atribuir a este sector por medio de la siguiente tabla, la cual se encuentra en el RSCIEI como tabla 1.3.

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1.275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1.275 < Q_s \leq 1.700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1.700 < Q_s \leq 3.400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1.600$	$3.400 < Q_s \leq 6.800$
	7	$1.600 < Q_s \leq 3.200$	$6.800 < Q_s \leq 13.600$
	8	$3.200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

Tabla 3. Selección del nivel de riesgo intrínseco en función de Q_s . [1]

El sector de almacenamiento se considera un sector con nivel de riesgo intrínseco alto de nivel 6. La normativa limita la superficie máxima del sector de incendio en función del nivel de riesgo intrínseco y del tipo de establecimiento. Para ello se dispone en el Anexo II del RSCIEI de la tabla 2.1, la cual proporciona el valor de superficie máxima.

Riesgo intrínseco del sector de incendio	Configuración del establecimiento		
	TIPO A (m ²)	TIPO B (m ²)	TIPO C (m ²)
BAJO	(1)-(2)-(3)	(2) (3) (5)	(3) (4)
1	2000	6000	SIN LÍMITE
2	1000	4000	6000
MEDIO	(2)-(3)	(2) (3)	(3) (4)
3	500	3500	5000
4	400	3000	4000
5	300	2500	3500
ALTO	NO ADMITIDO	(3)	(3)(4)
6		2000	3000
7		1500	2500
8		NO ADMITIDO	2000

Tabla 4. Máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio. [1]

Para un nivel de riesgo intrínseco 6 y un establecimiento de tipo C, se le permite una superficie máxima de 3000 m². Como la superficie del sector de almacenamiento (204 m²) es inferior a este valor máximo, el sector cumple con la normativa.

2.1.1. Requisitos constructivos en función de su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco

El cumplimiento del RSCIEI se debe a que presenta la normativa necesaria en establecimientos industriales para cumplir una serie de requisitos destinados a prevenir la aparición de un incendio, evitar o retrasar la propagación y facilitar la extinción y la evacuación. Para ello, hay que cumplir las indicaciones que se encuentran en el anexo II de este reglamento. Estas indicaciones van referidas a la accesibilidad de fachadas, cercanía de otros establecimientos y la sectorización.

2.1.1.1. Material

Siguiendo las indicaciones del RSCIEI, la clase de los productos de construcción, según la norma UNE-EN 13501-1 para aquellos materiales para los que exista norma armonizada y esté en vigor el marcado "CE", define las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción.

Para los productos de revestimiento o acabado superficial en suelos, en paredes y techos y en el exterior de las fachadas, la normativa indica tomar los siguientes casos:

- En el caso de los suelos, el producto que hay que elegir es el clasificado como C_{FL}-s1 (M2) o más favorable.
- En el caso de paredes y techos, el producto a seleccionar es el clasificado como C-s3 d0 (M2) o más favorable.
- En el caso de los revestimientos exteriores de las fachadas, el producto a seleccionar es el clasificado como C-s3 d0 (M2) o más favorable. En las fachadas que tengan un cerramiento de placas alveolares de hormigón, en caso de dar una cara de revestimiento, el cerramiento cumple el requisito ya que este material es más favorable que el que nos indica la normativa como mínimo.

La normativa también informa de que si un producto que constituye una capa contenida en un suelo, pared o techo es de una clase más desfavorable a la indicadas anteriormente, la capa y su revestimiento, en su conjunto, es como mínimo EI 30 (RF-30). Los cables tienen que ser no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

2.1.1.2 Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes

El RSCIEI indica que en la Decisión 2000/367/CE de la Comisión, de 3 de mayo de 2000 (modificada por la Decisión 2003/629/CE de la Comisión) se encuentra la norma que regula el ensayo normalizado que hay que realizar a los elementos constructivos portantes para obtener el tiempo, durante el cual estos mantienen la estabilidad mecánica (o capacidad portante). Este tiempo en minutos es el que define las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo portante.

Para obtener el valor de la resistencia al fuego de los elementos constructivos portantes, el RSCIEI aporta la tabla 2.2, la cual nos da este valor en función del nivel de riesgo intrínseco del sector y en función del tipo de establecimiento.

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	TIPO A		TIPO B		TIPO C	
	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante
BAJO	R 120	R 90	R 90	R 60	R 60	R 30
	(EF -120)	(EF - 90)	(EF - 90)	(EF - 60)	(EF - 60)	(EF - 30)
MEDIO	NO ADMITIDO	R 120	R 120	R 90	R 90	R 60
		(EF-120)	(EF-120)	(EF - 90)	(EF - 90)	(EF - 60)
ALTO	NO ADMITIDO	NO ADMITIDO	R 180	R 120	R 120	R 90
			(EF -180)	(EF -120)	(EF -120)	(EF- 90)

Tabla 5. Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes. [1]

Para un nivel de riesgo intrínseco alto, un establecimiento de tipo C y la planta está sobre rasante, la resistencia al fuego que deben cumplir los elementos portantes del sector

de almacenamiento es de R90 (EF-90), es decir, deben tener una resistencia al fuego de 90 minutos.

Siguiendo el apartado 7.1 del RSCIEI, el cual indica las situaciones en las que es necesario un sistema de evacuación de humos. En la siguiente imagen se visualiza las situaciones mencionadas.

a) Los sectores con actividades de producción:

1.º De riesgo intrínseco medio y superficie construida $\geq 2000 \text{ m}^2$.

2.º De riesgo intrínseco alto y superficie construida $\geq 1000 \text{ m}^2$.

b) Los sectores con actividades de almacenamiento:

1.º De riesgo intrínseco medio y superficie construida $\geq 1000 \text{ m}^2$.

2.º De riesgo intrínseco alto y superficie construida $\geq 800 \text{ m}^2$.

Figura 2. Apartado 7.1 del RSCIEI, Dispondrán de sistema de evacuación de humos. [1]

Para el sector de almacenamiento, no es necesario disponer de un sistema de evacuación de humos, ya que este sector tiene un riesgo intrínseco alto pero su superficie es inferior a 800 m^2 .

2.1.1.3. Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento

Según indica el RSCIEI, los elementos constructivos de cerramiento tienen que mantener durante un cierto período de tiempo una serie de condiciones mientras que se realiza sobre ellos el mismo ensayo normalizado que se aplicó a los elementos constructivos portantes. Este tiempo es el que define las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo de cerramiento (o delimitador). Las condiciones que estos elementos deben mantener durante el tiempo establecido son:

- Capacidad portante R.
- Integridad al paso de llamas y gases calientes E.
- Aislamiento térmico I.

En este caso, se sigue las indicaciones del apartado 5.1 del RSCIEI. Dicho apartado dice “La resistencia al fuego de los elementos constructivos delimitadores de un sector de incendio respecto de otros no será inferior a la estabilidad al fuego exigida en la tabla 2.2, para los elementos constructivos con función portante en dicho sector de incendio”. Por lo

tanto, la resistencia que deben tener estos elementos debe ser como mínimo R90 (EF-90), ya que es la resistencia al fuego que se obtiene de la tabla 5.

2.1.1.4. Evacuación de los establecimientos industriales

En el CTE DB SI-3, se encuentra la tabla 2.1 “Densidades de ocupación”, la cual nos indica que densidad de ocupación hay que considerar en cada zona. Para el caso de almacenes, la densidad de ocupación es de una persona por cada 40 m². Tiendo en cuenta que la superficie de este sector es de 204 m², el número de personas que podrían ocupar este sector es de 5 ocupantes. Este valor es suficiente ya que en principio solo accederá al almacén el trabajador que se encuentre en la cabina del almacén o como mucho algún otro trabajador.

Para calcular la evacuación, hay que calcular primero las ocupaciones de los otros dos sectores para realizar así un cálculo de evacuación en conjunto de todos los sectores.

2.1.1.5 Almacenamientos

Para determinar si la estructura principal de sistemas de almacenaje con estanterías metálicas sobre rasante o bajo rasante sin sótano necesita resistencia contra el fuego, disponemos en el apartado 8.1 del anexo II del RSCIEI, de la siguiente tabla:

Nivel de riesgo intrínseco	Sistema de almacenaje autoportante operado manual o automáticamente					
	Tipo A		Tipo B		Tipo C	
	Rociadores automáticos de agua		Rociadores automáticos de agua		Rociadores automáticos de agua	
	No	Sí	No	Sí	No	Sí
Riesgo bajo	R15(EF-15)	No se exige.	No se exige.	No se exige.	No se exige.	No se exige.
Riesgo medio	R30(EF.30)	R15(EF-15)	R15(EF-15).	No se exige.	No se exige.	No se exige.
Riesgo alto			R30(EF-30).	R15(EF-15).	R15(EF-15).	No se exige.

Tabla 6. Resistencia contra el fuego para estanterías. [1]

En el caso del sector de almacenamiento, el nivel de riesgo intrínseco es alto y no se dispone de un sistema de rociadores automáticos de agua, por lo que las estanterías necesitan una resistencia contra el fuego de R15 (EF-15), es decir, deben resistir contra el fuego durante 15 minutos como mínimo.

2.1.1.6. Sistemas de detección, extinción y control de incendio

En el anexo III del RSCIEI se indica que el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre; y la Orden de 16 de abril de 1998 establecen los requisitos que deben cumplir tanto todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales, como el diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de las instalaciones.

➤ **Sistemas automáticos de detección de incendios**

En el punto 3.1 del anexo III del RSCIEI, se establece que en zonas de actividades de almacenamiento, es necesario colocar sistemas de detección de incendios en establecimientos de tipo C donde el nivel de riesgo intrínseco es alto, si su superficie total es de 800 m² o superior. En el caso del sector de almacenamiento, no es necesario colocar sistemas automáticos de detección de incendios ya que tiene un nivel de riesgo intrínseco alto pero su superficie es inferior a 800 m².

➤ **Sistemas manuales de alarma de incendio**

El punto 4.1 del anexo III indica que en establecimiento de actividades de almacenamiento se requiere la instalación de sistemas manuales de alarma de incendio si no se ha requerido la instalación de sistemas automáticos de detección de incendios. Por lo que es necesario colocar sistemas manuales de alarma de incendios en el sector de almacenamiento.

Según el punto 4.2 del anexo III, si se coloca una instalación manual de alarma de incendio, en todos los casos, hay que situar un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector y la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta llegar a un pulsador no debe superar los 25 m.

➤ **Extintores de incendio**

Según el punto 8.1 del anexo III, se instalan extintores de incendio portátiles en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales. Dentro del punto 8 de este anexo, se dispone de la tabla 3.1 que indica el tipo de extintores a colocar.

Grado de riesgo intrínseco del sector de incendio	Eficacia mínima del extintor	Área máxima protegida del sector de incendio
Bajo	21A	Hasta 600 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso).
Medio	21A	Hasta 400 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso).
Alto	34A	Hasta 300 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso).

Tabla 7. Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio con carga de fuego. [1]

Siguiendo los datos de la tabla, en el sector de almacenamiento, se colocan extintores de tipo 34A y hay que disponer de 1 extintor en este sector, ya que la superficie de este sector es de 204 m².

Se sitúan a la altura de 1'4 metros de altura desde el suelo. Según el punto 8.4 del anexo III, la colocación de los extintores se realiza de forma que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor, sea inferior a 15 metros.

2.2. Sector de fabricación y venta

Al igual que en el sector de almacenamiento, es necesario conocer el valor de la densidad de carga de fuego del sector para saber el nivel de riesgo intrínseco. Sin embargo, este sector está destinado a actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra actividad diferente al almacenamiento. La fórmula para este tipo de actividades es:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} \cdot C_i \cdot S_i \cdot R_{ai}}{A} \quad (2)$$

Dónde, según el RSCIEI:

- Q_s , C_i , R_{ai} y A tienen el mismo significado que en el sector de almacenamiento.
- q_{si} : densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en MJ/m² o Mcal/m².
- S_i : superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego, q_{si} diferente, en m².

Al igual que para el caso anterior, se obtienen los valores de q_{si} y de R_{ai} a partir de la tabla 1.2 del anexo I del RSCIEI. Como este sector reúne diferentes actividades, hay distintos valores de q_{si} y de R_{ai} . Algunos se obtiene de la tabla 1 y otros se sacan de la siguiente tabla, que al igual que la tabla 1 es una parte de toda la tabla que hay recogida en el RSCIEI.

Actividad	Fabricación y venta			Almacenamiento		
	Q _s		Ra	q _v		Ra
	MJ/m ²	Mcal/m ²		MJ/m ³	Mcal/m ³	
Exposición de automóviles	200	48	1,0			
Talleres de reparación	400	96	1,0			
Talleres eléctricos	600	144	1,5			
Talleres mecánicos	200	48	1,0			
Guardarropa, armarios metálicos	80	19	1,0			
Oficinas técnicas	600	144	1,0			
Vehículos	300	72	1,5			

Tabla 8. Valores de densidad de carga de fuego media de diversos procesos industriales, de almacenamiento de productos y riesgo de activación asociada, Ra. [1]

Para obtener los valores de C_i de cada zona se utiliza la tabla 2. Por tanto los valores de los diferentes parámetros para cada zona son:

- Exposición: q_{s1}=200 MJ/m²; R_{a1}=1; C₁=1; S₁=70% de A_{exp}=0'7·231=161'7 m²
- Servicios públicos y vestuarios: q_{s2}=80 MJ/m²; R_{a2}=1; C₂=1; S₂= 70% de 72=50'4 m²
- Aparcamiento: q_{s3}= 200 MJ/m²; R_{a3}=1; C₃=1; S₃= 70% de 219=153'3 m²
- Taller: q_{s4}= 300 MJ/m²; R_{a4}=1; C₄=1'3; S₄= 70% de 1149=804'3 m²

El último valor que nos falta es el valor de A, el cual ya conocemos ya que es el área del sector de fabricación y venta y es la suma de las áreas de las zonas mencionadas. El valor de este parámetro es 1671 m². Ya se puede realizar la operación para obtener el valor de la densidad de carga de fuego.

$$Q_s = \frac{q_{s1} \cdot C_1 \cdot S_1 \cdot R_{a1} + q_{s2} \cdot C_2 \cdot S_2 \cdot R_{a2} + q_{s3} \cdot C_3 \cdot S_3 \cdot R_{a3} + q_{s4} \cdot C_4 \cdot S_4 \cdot R_{a4}}{A}$$

$$Q_s = \frac{200 \cdot 1 \cdot 161'7 \cdot 1 + 80 \cdot 1 \cdot 50'4 \cdot 1 + 200 \cdot 1 \cdot 153'3 \cdot 1 + 300 \cdot 1'3 \cdot 804'3 \cdot 1}{1671}$$

$$Q_s = 227'83 \frac{MJ}{m^2} \leq 425 \frac{MJ}{m^2} \xrightarrow{\text{Tabla 3}} \text{ Nivel de riesgo intrínseco bajo de nivel 1}$$

A la hora de comprobar el límite de superficie máxima que indica la normativa, se ve en la tabla 4 que no hay problema, ya que para nivel de riesgo intrínseco 1 y establecimiento de tipo C no hay límite de superficie máxima.

2.2.1. Requisitos constructivos en función de su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco

El RSCIEI recoge la normativa necesaria, en establecimientos industriales, para cumplir una serie de requisitos destinados a prevenir la aparición de un incendio, evitar o

retrasar la propagación y facilitar la extinción y la evacuación. Las indicaciones se encuentran en el anexo II de este reglamento. Estas indicaciones van destinadas a la accesibilidad de fachadas, cercanía de otros establecimientos y la sectorización.

2.2.1.1. Material

En el RSCIEI se encuentra que la clase de los productos de construcción, según la norma UNE-EN 13501-1 para aquellos materiales para los que exista norma armonizada y esté en vigor el marcado "CE", define las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción.

Para los productos de revestimiento o acabado superficial en suelos, en paredes y techos y en el exterior de las fachadas, la normativa indica los siguientes ejemplos:

- En el caso de los suelos, el producto que hay que elegir es el clasificado como C_{FL}-s1 (M2) o más favorable.
- En el caso de paredes y techos, el producto a seleccionar es el clasificado como C-s3 d0 (M2) o más favorable.
- En el caso de los revestimientos exteriores de las fachadas, el producto a seleccionar es el clasificado como C-s3 d0 (M2) o más favorable. En las fachadas que tengan un cerramiento de placas alveolares de hormigón, en caso de dar una cara de revestimiento, el cerramiento cumple el requisito ya que este material es más favorable que el que nos indica la normativa como mínimo.

La normativa también informa de que si un producto que constituye una capa contenida en un suelo, pared o techo es de una clase más desfavorable a la indicadas anteriormente, la capa y su revestimiento, en su conjunto, es como mínimo EI 30 (RF-30). Los cables tienen que ser no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

2.2.1.2 Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes

El RSCIEI refleja que en la Decisión 2000/367/CE de la Comisión, de 3 de mayo de 2000 (modificada por la Decisión 2003/629/CE de la Comisión) se encuentra la norma que regula el ensayo normalizado que hay que realizar a los elementos constructivos portantes para obtener el tiempo, durante el cual estos mantienen la estabilidad mecánica (o capacidad portante). Este tiempo en minutos es el que define las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo portante.

Para obtener el valor de la resistencia al fuego de los elementos constructivos portantes del sector de fabricación y venta, se recurre a la tabla 5, la cual nos indica este valor en función del nivel de riesgo intrínseco y del tipo de establecimiento. En el caso del sector de fabricación y venta, el tipo de establecimiento es tipo C y el nivel de riesgo intrínseco es bajo por lo que requiere una resistencia al fuego de R30 (EF-30) para sus elementos constructivos portantes.

Además, al ser el nivel de riesgo intrínseco bajo, no requiere de un sistema de evacuación de humos, tal y como se puede comprobar en el apartado 7 del anexo II del RSCIEI.

2.2.1.3. Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento

Según se indica el RSCIEI, los elementos constructivos de cerramiento tienen que mantener durante un cierto período de tiempo una serie de condiciones mientras se realiza sobre ellos el mismo ensayo normalizado que se aplicó a los elementos constructivos portantes. El tiempo de ensayo define las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo de cerramiento (o delimitador). Las condiciones que estos elementos deben mantener durante el tiempo de ensayo son:

- Capacidad portante R.
- Integridad al paso de llamas y gases calientes E.
- Aislamiento térmico I.

Para el sector de fabricación y ventas, se siguen las indicaciones del apartado 5.1 del RSCIEI. Dicho apartado dice “La resistencia al fuego de los elementos constructivos delimitadores de un sector de incendio respecto de otros no será inferior a la estabilidad al fuego exigida en la tabla 2.2, para los elementos constructivos con función portante en dicho sector de incendio”. Por lo tanto, la resistencia que deben tener estos elementos debe ser como mínimo R30 (EF-30), ya que es la resistencia al fuego que se obtiene de la tabla 5 para los elementos portantes del sector de fabricación y venta.

2.2.1.4. Evacuación de los establecimientos industriales

En el CTE DB SI-3, se encuentra la tabla 2.1 “Densidades de ocupación”, la cual nos indica que densidad de ocupación hay que considerar en cada zona. Como en este sector se disponen de varias zonas, en la siguiente tabla se recoge la densidad de cada zona y el número de ocupantes según la normativa.

Zona	Densidad de ocupación [m ² /ocupantes]	Superficie de la zona m ²	Nº de ocupantes
Exposición	5	231	46'2 ≈ 47
Servicios públicos	3	12	4
Vestuarios	3	60	20
Aparcamiento	40	219	5'5 ≈ 6
Taller	40*	1149	28'73 ≈ 29

Tabla 9. Densidades de ocupación y nº de ocupantes de las zonas del sector de fabricación y venta.

* En el caso de la zona de taller, la normativa no refleja ningún valor acerca de esta zona, por lo que se toma un valor arbitrario y de los más desfavorables que aparecen en dicha tabla.

Como se observa en la tabla, los valores que no son exactos se aproximan a un valor superior. Para calcular la evacuación, falta por calcular la ocupación del sector administrativo, para realizar así un cálculo de evacuación en conjunto de todos los sectores.

2.2.1.5. Sistemas de detección, extinción y control de incendio

El anexo III del RSCIEI muestra el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre; y la Orden de 16 de abril de 1998, los cuales recogen los requisitos que deben cumplir todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales, y el diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de las instalaciones.

➤ Sistemas automáticos de detección de incendios

El punto 3.1 del anexo III del RSCIEI indica que en el caso de que el nivel de riesgo intrínseco del sector sea bajo no es necesario colocar sistemas automáticos de detección de incendios, ya que solo imponen requisitos de instalación de dicho sistema para establecimiento de tipo C si tienen un nivel de riesgo intrínseco medio o alto. Por lo que el sector de fabricación y venta no requiere de este sistema ya que su nivel de riesgo intrínseco es bajo.

➤ Sistemas manuales de alarma de incendio

El punto 4.1 del anexo III indica que en establecimiento de actividades de producción, montaje, transformación, reparación u otras distintas al almacenamiento se

requiere la instalación de sistemas manuales de alarma de incendio si su superficie total construida es superior a 1000 m² o superior o si no se requiere la instalación de sistemas automáticos de detección de incendios. Este sistema manual de alarma de incendios es necesario en el sector de fabricación y ventas, ya que dicho sector tiene una superficie superior a 1000 m² (1671 m²). A parte de que también cumpliría la otra condición, ya que en este sector no es necesario colocar sistemas automáticos de detección de incendios.

Además el punto 4.2 del anexo III recoge que si se coloca una instalación manual de alarma de incendio, en cualquier caso, hay que situar un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector y la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta llegar a un pulsador no debe superar los 25 m.

➤ **Extintores de incendio**

El punto 8.1 del anexo III indica que se instalan extintores de incendio portátiles en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales. Dentro del punto 8 de este anexo, se dispone de la tabla 3.1 que indica el tipo de extintores a colocar. Esta tabla se corresponde con la tabla 7 de este anexo.

Siguiendo los datos de dicha tabla, en el sector de fabricación y venta, se colocan extintores de tipo 21A y hay que disponer de 9 extintores en este sector, ya que su superficie es de 1671 m².

Como se indica para el sector de almacenamiento, se sitúan a la altura de 1'4 metros de altura desde el suelo y siguiendo el punto 8.4 del anexo III, la colocación de los extintores se realiza de forma que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor, no supere los 15 metros.

2.3 Sector administrativo

Como en los casos anteriores, se comienza por calcular el valor de la densidad de carga de fuego del sector para saber el nivel de riesgo intrínseco. La fórmula para este sector es la misma que para el sector de fabricación y ventas.

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} \cdot C_i \cdot S_i \cdot R_{ai}}{A} \quad (2)$$

Dónde, según el RSCIEI:

- Q_s, q_{si}, S_i, C_i, R_{ai} y A tienen el mismo significado que en el sector de fabricación y ventas.

Los valores de q_{si} y de R_{ai} se obtienen de la tabla 1.2 del anexo I del RSCIEI. Dichos valores se muestran en la tabla 8 y son 600 para q_{si} y 1 para R_{ai} . El valor de C_i de este sector se consigue de la tabla 2 y es 1, ya que la temperatura de ignición del papel es de 233 °C. El valor de S_i equivale al valor que se obtiene de calcular el 70% de la superficie total del sector. Si se realiza este cálculo, el valor resultante es 161'7 m². Por último, el valor de A , el cual es conocido ya que es el área del sector administrativo, es 231 m². Ya se está en condiciones de obtener el valor de la densidad de carga de fuego del sector.

$$Q_s = \frac{600 \cdot 1 \cdot 161'7 \cdot 1}{231} = 420 \frac{MJ}{m^2}$$

$$Q_s = 420 \frac{MJ}{m^2} \leq 425 \frac{MJ}{m^2} \xrightarrow{\text{Tabla 3}} \text{ Nivel de riesgo intrínseco bajo de nivel 1}$$

A la hora de comprobar el límite de superficie máxima que indica la normativa, se ve en la tabla 4 que no hay problema, ya que para nivel de riesgo intrínseco 1 y establecimiento de tipo C no hay límite de superficie máxima.

2.3.1. Requisitos constructivos en función de su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco

Al igual que se refleja en los sectores anteriores, el RSCIEI recoge la normativa necesaria, en establecimientos industriales, para cumplir una serie de requisitos destinados a prevenir la aparición de un incendio, evitar o retrasar la propagación y facilitar la extinción y la evacuación. Las indicaciones se encuentran en el anexo II de este reglamento. Estas indicaciones van destinadas a la accesibilidad de fachadas, cercanía de otros establecimientos y la sectorización.

2.3.1.1. Material

En el RSCIEI muestra que la clase de los productos de construcción, según la norma UNE-EN 13501-1 para aquellos materiales para los que exista norma armonizada y esté en vigor el marcado "CE", define las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción.

Para los productos de revestimiento o acabado superficial en suelos, en paredes y techos y en el exterior de las fachadas, la normativa indica los siguientes ejemplos:

- En el caso de los suelos, el producto que hay que elegir es el clasificado como C_{FL}-s1 (M2) o más favorable.

- En el caso de paredes y techos, el producto a seleccionar es el clasificado como C-s3 d0 (M2) o más favorable.
- En el caso de los revestimientos exteriores de las fachadas, el producto a seleccionar es el clasificado como C-s3 d0 (M2) o más favorable. En las fachadas que tengan un cerramiento de placas alveolares de hormigón, en caso de dar una cara de revestimiento, el cerramiento cumple el requisito ya que este material es más favorable que el que nos indica la normativa como mínimo.

La normativa también informa de que si un producto que constituye una capa contenida en un suelo, pared o techo es de una clase más desfavorable a la indicadas anteriormente, la capa y su revestimiento, en su conjunto, es como mínimo EI 30 (RF-30). Los cables tienen que ser no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

2.3.1.2 Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes

Según el RSCIEI, la Decisión 2000/367/CE de la Comisión, de 3 de mayo de 2000 (modificada por la Decisión 2003/629/CE de la Comisión) recoge la norma que regula el ensayo normalizado que hay que realizar a los elementos constructivos portantes para obtener el tiempo, que requieren estos elementos para mantener la estabilidad mecánica (o capacidad portante). Este tiempo en minutos define las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo portante.

Para obtener el valor de la resistencia al fuego de los elementos constructivos portantes del sector de fabricación y venta, se utiliza la tabla 5, la cual refleja este valor en función del nivel de riesgo intrínseco y del tipo de establecimiento. En el caso del sector administrativo, el establecimiento es de tipo C y el nivel de riesgo intrínseco es bajo por lo que requiere una resistencia al fuego de R30 (EF-30) para sus elementos constructivos portantes.

Además, al ser el nivel de riesgo intrínseco bajo, no se exige un sistema de evacuación de humos, tal y como se puede comprobar en el apartado 7 del anexo II del RSCIEI.

2.3.1.3. Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento

El RSCIEI muestra que los elementos constructivos de cerramiento, tienen que mantener durante un período de tiempo una serie de condiciones mientras se realiza sobre

ellos el mismo ensayo normalizado que se aplicó a los elementos constructivos portantes. El tiempo de ensayo define las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo de cerramiento (o delimitador). Las condiciones que estos elementos deben mantener durante el tiempo de ensayo son:

- Capacidad portante R.
- Integridad al paso de llamas y gases calientes E.
- Aislamiento térmico I.

Para el sector administrativo, se siguen los pasos del apartado 5.1 del RSCIEI. Dicho apartado dice “La resistencia al fuego de los elementos constructivos delimitadores de un sector de incendio respecto de otros no será inferior a la estabilidad al fuego exigida en la tabla 2.2, para los elementos constructivos con función portante en dicho sector de incendio”. Por lo tanto, la resistencia que deben tener estos elementos debe ser como mínimo R30 (EF-30), ya que es la resistencia al fuego obtenida en la tabla 5 para los elementos portantes del sector administrativo.

2.3.1.4. Evacuación de los establecimientos industriales

En el CTE DB SI-3, se encuentra la tabla 2.1 “Densidades de ocupación”, la cual nos indica que densidad de ocupación hay que considerar en cada zona. Para el caso de oficinas, la densidad de ocupación es de una persona por cada 10 m². Teniendo en cuenta que la superficie de este sector es de 231 m², el número de ocupantes es 23'1, cuyo valor se redondea a 23. Este valor es superior a la realidad ya que en principio en las oficinas estarán los empleados que ocupan estas oficinas y algún cliente.

Ya se conocen los valores máximos de ocupantes de los diferentes sectores, por lo que ya se puede realizar el cálculo de evacuación. Este cálculo se lleva a cabo en el apartado 3 de este anexo.

2.3.1.5. Sistemas de detección, extinción y control de incendio

El anexo III del RSCIEI recoge que el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre; y la Orden de 16 de abril de 1998, contienen los requisitos que deben cumplir todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales, y el diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de las instalaciones.

➤ **Sistemas automáticos de detección de incendios**

El punto 3.1 del anexo III del RSCIEI indica que cuando el nivel de riesgo intrínseco del sector es bajo, no se exige colocar sistemas automáticos de detección de incendios, ya que solo imponen requisitos de instalación de dicho sistema para establecimiento de tipo C si tienen un nivel de riesgo intrínseco medio o alto. El sector administrativo no necesita este sistema ya que su nivel de riesgo intrínseco es bajo.

➤ **Sistemas manuales de alarma de incendio**

El punto 4.1 del anexo III indica que en establecimiento de actividades de producción, montaje, transformación, reparación u otras distintas al almacenamiento se requiere la instalación de sistemas manuales de alarma de incendio si no se requiere la instalación de sistemas automáticos de detección de incendios. Este sistema manual de alarma de incendios es necesario en el sector administrativo, ya que en este sector no es necesario colocar sistemas automáticos de detección de incendios.

Además el punto 4.2 del anexo III recoge que si se coloca una instalación manual de alarma de incendio, en todos los casos, se sitúa un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector y la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta llegar a un pulsador no debe superar los 25 m.

➤ **Extintores de incendio**

Según el punto 8.1 del anexo III, se instalan extintores de incendio portátiles en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales. Dentro del punto 8 de este anexo, se dispone de la tabla 3.1 que indica el tipo de extintores a colocar. Esta tabla se corresponde con la tabla 7 de este anexo.

Teniendo en cuenta los datos de la tabla, en el sector administrativo, se colocan extintores de tipo 21A y hay que disponer de 1 extintor en este sector, ya que su superficie es de 231 m².

Como se indica en los sectores anteriores, los extintores se sitúan a la altura de 1'4 metros de altura desde el suelo y con las indicaciones del punto 8.4 del anexo III, la colocación se realiza de forma que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor, no supere los 15 metros.

3. Cálculo de evacuación de los ocupantes en caso de incendio

El cálculo se realiza para el conjunto de la nave, es decir, para los 3 sectores como un grupo. En la siguiente tabla se recoge los valores de densidad de ocupación, aportados por el DB SI-3, utilizados en los sectores y los resultados obtenidos de ocupantes máximos, es decir, del aforo máximo de cada zona de cada sector.

Zona	Densidad de ocupación [m ² / persona]	Aforo máximo [persona]
Almacén y cabina de almacén	40	5
Exposición	5	47
Servicios públicos	3	4
Vestuarios	3	20
Aparcamiento	40	6
Taller	40	29
Oficinas	10	23

Tabla 10. Resumen de densidades de ocupación y de aforo.

El aforo total obtenido con la información del DB SI-3 es de 134 personas. Con este valor y la tabla 3.1 del DB SI-3, se obtiene el número de salidas de planta y longitud de recorridos de evacuación necesarios.

Número de salidas existentes	Condiciones
Plantas o recintos que disponen de una única salida de planta o salida de recinto respectivamente	<p>No se admite en uso <i>Hospitalario</i>, en las plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo, así como en salas o unidades para pacientes hospitalizados cuya superficie construida exceda de 90 m².</p> <p>La ocupación no excede de 100 personas, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 500 personas en el conjunto del edificio, en el caso de salida de un edificio de viviendas; - 50 personas en zonas desde las que la evacuación hasta una salida de planta deba salvar una altura mayor que 2 m en sentido ascendente; - 50 alumnos en escuelas infantiles, o de enseñanza primaria o secundaria. <p>La longitud de los recorridos de evacuación hasta una salida de planta no excede de 25 m, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 35 m en uso <i>Aparcamiento</i>; - 50 m si se trata de una planta, incluso de uso <i>Aparcamiento</i>, que tiene una salida directa al espacio exterior seguro y la ocupación no excede de 25 personas, o bien de un espacio al aire libre en el que el riesgo de incendio sea irrelevante, por ejemplo, una cubierta de edificio, una terraza, etc. <p>La altura de evacuación descendente de la planta considerada no excede de 28 m, excepto en uso <i>Residencial Público</i>, en cuyo caso es, como máximo, la segunda planta por encima de la de salida de edificio⁽²⁾, o de 10 m cuando la evacuación sea ascendente.</p>
Plantas o recintos que disponen de más de una salida de planta o salida de recinto respectivamente ⁽³⁾	<p>La longitud de los recorridos de evacuación hasta alguna salida de planta no excede de 50 m, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 35 m en zonas en las que se prevea la presencia de ocupantes que duermen, o en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso <i>Hospitalario</i> y en plantas de escuela infantil o de enseñanza primaria. - 75 m en espacios al aire libre en los que el riesgo de declaración de un incendio sea irrelevante, por ejemplo, una cubierta de edificio, una terraza, etc. <p>La longitud de los recorridos de evacuación desde su origen hasta llegar a algún punto desde el cual existan al menos dos recorridos alternativos no excede de 15 m en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso <i>Hospitalario</i> o de la longitud máxima admisible cuando se dispone de una sola salida, en el resto de los casos.</p> <p>Si la altura de evacuación descendente de la planta obliga a que exista más de una salida de planta o si más de 50 personas precisan salvar en sentido ascendente una altura de evacuación mayor que 2 m, al menos dos salidas de planta conducen a dos escaleras diferentes.</p>

⁽¹⁾ La longitud de los recorridos de evacuación que se indican se puede aumentar un 25% cuando se trate de sectores de incendio protegidos con una instalación automática de extinción.

⁽²⁾ Si el establecimiento no excede de 20 plazas de alojamiento y está dotado de un sistema de detección y alarma, puede aplicarse el límite general de 28 m de altura de evacuación.

⁽³⁾ La planta de salida del edificio debe contar con más de una salida:

- en el caso de edificios de Uso *Residencial Vivienda*, cuando la ocupación total del edificio exceda de 500 personas.
- en el resto de los usos, cuando le sea exigible considerando únicamente la ocupación de dicha planta, o bien cuando el edificio esté obligado a tener más de una escalera para la evacuación descendente o más de una para evacuación ascendente.

Tabla 11. Número de salidas de planta y longitud de los recorridos de evacuación. [2]

En el caso de la planta baja de la nave, se dispone de más de una salida de planta, por lo que la longitud máxima para los recorridos de evacuación es de 50 metros. Sin embargo, en el caso de la primera planta de la nave, se dispone únicamente de una salida de planta, por lo que la longitud máxima para los recorridos de evacuación hasta una salida de planta es de 25 metros y la altura de evacuación descendente, la cual se libra por medio de una escalera, es inferior a los 28 metros que refleja la normativa. Tanto las condiciones

de la planta baja como las condiciones de la primera planta para los recorridos de evacuación de la nave se cumplen. A continuación, se enumeran las distintas salidas de emergencia.

Salida de emergencia	Ancho de la salida
Puerta principal de la nave, entrada a la sala de exposición	1 metro
Puerta situada en la fachada trasera de la nave	0'85 metros

Tabla 12. Salidas de emergencia de la nave.

Todas las puertas de emergencia tienen una apertura hacia el exterior de la nave y su apertura se realiza por medio de manillas o pulsadores.

En relación a las señales de salida, se dispone de la norma UNE 23034:1998 que recoge estas señales y son las que se utilizan en función de los criterios que establece la norma. Las puertas de emergencias llevan un rotulo con la palabra "Salida de emergencia". Las puertas que unen distintas zonas por las que se llevan los recorridos de evacuación llevan un rotulo que lleva la palabra "Salida" (estas puertas son la puerta que une el taller con la exposición, la puerta de salida de la zona de oficinas y la puerta de salida de la cabina del almacén). En los puntos donde se pueda observar alguno de estas salidas, se indicará mediante un plano el recorrido de evacuación.

Hay que comprobar que el ancho de la escalera que une ambas plantas cumple con la normativa correspondiente. El ancho de la escalera es de 1'5 metros. En el DB SI-3, dispone de la tabla 4.2 que nos indica la capacidad de evacuación de una escalera en función del ancho de ésta.

Anchura de la escalera en m	Escalera no protegida		Escalera protegida (evacuación descendente o ascendente) ⁽¹⁾					
	Evacuación ascendente ⁽²⁾	Evacuación descendente	Nº de plantas					
			2	4	6	8	10	cada planta más
1,00	132	160	224	288	352	416	480	+32
1,10	145	176	248	320	392	464	536	+36
1,20	158	192	274	356	438	520	602	+41
1,30	171	208	302	396	490	584	678	+47
1,40	184	224	328	432	536	640	744	+52
1,50	198	240	356	472	588	704	820	+58
1,60	211	256	384	512	640	768	896	+64
1,70	224	272	414	556	698	840	982	+71
1,80	237	288	442	596	750	904	1058	+77
1,90	250	304	472	640	808	976	1144	+84
2,00	264	320	504	688	872	1056	1240	+92
2,10	277	336	534	732	930	1128	1326	+99
2,20	290	352	566	780	994	1208	1422	+107
2,30	303	368	598	828	1058	1288	1518	+115
2,40	316	384	630	876	1122	1368	1614	+123

Número de ocupantes que pueden utilizar la escalera

⁽¹⁾ La capacidad que se indica es válida para escaleras de doble tramo, cuya anchura sea constante en todas las plantas y cuyas dimensiones de rellanos y de mesetas intermedias sean las estrictamente necesarias en función de dicha anchura. Para otras configuraciones debe aplicarse la fórmula de la tabla 4.1, determinando para ello la superficie S de la escalera considerada.

⁽²⁾ Según se indica en la tabla 5.1, las escaleras no protegidas para una evacuación ascendente de más de 2,80 m no pueden servir a más de 100 personas.

Tabla 13. Capacidad de evacuación de las escaleras en función de su anchura. [2]

Como la anchura de la escalera que se sitúa en la nave es de 1'5 metros y no se encuentra protegida, la escalera puede evacuar en dirección descendente a 198 ocupantes, lo cual cumple sobradamente con las exigencias.

Cumpliendo con la norma UNE 23035-4:2003, todas las señales de la nave son luminiscentes para los usuarios puedan visualizarlas en caso de que se produzca algún fallo eléctrico. En caso de que alguna de las puertas se utilice para algún recorrido de evacuación en concreto, todas éstas cumplen con las exigencias necesarias. No se lleva a cabo la instalación de control de humos, ya que esta instalación no es necesaria.

Todo lo indicado en este apartado, se refleja en los planos, dónde se puede visualizar mejor el estudio de evacuación realizado.

4. Facilidad en caso de intervención de los bomberos

En caso de acceso del camión de bomberos al interior de la nave, se dispone de las puertas de entrada y salida de vehículos, que son puertas amplias y los pasillos que unen estas puertas con la zona de taller son amplios. Por lo tanto, hay facilidad de entrada en caso de que sea necesaria. Todas las distancias cumplen con los requisitos mínimos que exige el documento.

Referencias

- [1] <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2004-21216> (2 de Agosto de 2017)
- [2] <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadIncendio/DccSI.pdf> (3 de Agosto de 2017)

En Béjar, a 4 de septiembre de 2017.

Fdo. D. Francisco Manuel García Ingelmo

III. PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

1. Disposiciones generales.....	7
1.1. Objeto del presente proyecto	7
1.2. Documentos que definen las obras	7
1.3. Interpretación del proyecto	7
1.4. Trabajos accesorios que no están especificados en este pliego.....	8
1.5. Condiciones generales de diversa índole.....	8
1.6. Obras ocultas	9
2. Pliego de condiciones de índole facultativa	9
2.1. Obligaciones y derechos de la propiedad o del promotor	9
2.1.1. Derechos de la propiedad	9
2.1.2. Obligaciones de la propiedad.....	9
2.2. Obligaciones y derechos del contratista o adjudicatario.....	10
2.2.1. Remisión de solicitud de ofertas	10
2.2.2. Residencia del contratista	10
2.2.3. Reclamaciones contra las órdenes del director.....	11
2.2.4. Despido por insubordinación, incapacidad y mala fe	11
2.2.5. Copia de documentos	11
2.2.6. Obligaciones del contratista	12
2.3. Facultades y obligaciones de la dirección de obra	13
2.3.1. Facultades de la dirección de obra	13
2.3.2. Obligaciones de la dirección de obra	13

2.4. Trabajos, materiales y medios auxiliares	13
2.4.1. Libro de órdenes	13
2.4.2. Comienzo de los trabajos y plazos de ejecución	14
2.4.3. Condiciones generales de ejecución de los trabajos	14
2.4.4. Trabajos defectuosos.....	14
2.4.5. Obras y vicios ocultos	15
2.4.6. Materiales no utilizables o defectuosos.....	15
2.4.7. Medios auxiliares	15
2.5. Recepciones y liquidación.....	16
2.5.1. Plazo de ejecución	16
2.5.2. Recepciones provisionales	16
2.5.3. Plazo de garantía.....	17
2.5.4. Conservación de los Trabajos Recibidos Provisionalmente.....	17
2.5.5. Recepción definitiva	17
2.5.6. Liquidación final	18
2.5.7. Liquidación en caso de rescisión	18
3. Pliego de condiciones de índole legal	18
3.1. Jurisdicción.....	18
3.2. Accidentes de trabajo y daños a terceros	19
3.3. Pago de arbitrarios	20
3.4 Causas de rescisión del contrato	20
4. Pliego de condiciones de índole económica.....	21
4.1. Base fundamental	21

4.1.1. Base fundamental	21
4.2. Garantías de cumplimiento y fianzas	21
4.2.1. Garantías	21
4.2.2. Fianzas	22
4.2.3. Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza	22
4.2.4. Devolución de la fianza	22
4.3. Precios y revisiones	22
4.3.1. Precios contradictorios	22
4.3.2 Reclamaciones de aumento de precios	23
4.3.3 Revisión de precios.....	23
4.3.4. Elementos comprendidos en el presupuesto	24
4.4. Valoración y abono de los trabajos	25
4.4.1. Valoración de la obra	25
4.4.2. Mediciones parciales y finales.....	25
4.4.3. Equivocaciones en el presupuesto.....	25
4.4.4. Valoración de las obras incompletas.....	26
4.4.5. Carácter provisional de las liquidaciones parciales.....	26
4.4.6. Pagos.....	26
4.4.7. Suspensión por retrasos de pagos.....	26
4.4.8. Indemnización por retraso de los trabajos	26
4.4.9. Indemnización por daños de causa mayor al contratista	27
4.5. Varios	27
4.5.1. Mejoras de obras	27

4.5.2. Seguro de los Trabajos	27
5. Pliego de condiciones de índole técnica.....	28
5.1. Condiciones técnicas a cumplir por los materiales.....	28
5.1.1. Aguas.....	29
5.1.2. Cementos.....	29
5.1.3. Áridos.....	30
5.1.4. Aditivos	31
5.1.5. Morteros de Cemento	31
5.1.6. Hormigones.....	32
5.1.7. Encofrado.....	33
5.1.8. Yesos y escayolas	33
5.1.9. Acero para armaduras de hormigón armado	34
5.1.10. Acero en perfiles, pletinas y chapas.....	34
5.1.11. Madera a emplear en medios auxiliares	34
5.1.12 Ladrillos cerámicos	35
5.1.13 Tuberías.....	35
5.1.14. Materiales especiales para impermeabilización y saneamiento.....	36
5.1.15. Materiales eléctricos	37
5.1.16. Pinturas.....	37
5.1.17. Colores, aceites, barnices, etc.	38
5.1.18. Fábrica de ladrillo.....	38
5.1.19. Enfoscados	39
5.1.20. Enlucidos	39
5.1.21. Piezas especiales, válvulas, aparatos y mecanismos.....	39
5.1.22. Aceros laminados.....	40

5.1.23. Aluminio	40
5.1.24. Sellantes	40
5.1.25. Materiales no incluidos en este apartado del pliego.....	40
5.2. Condiciones en la ejecución de la instalación y en los materiales y equipos .	41
5.2.1 Replanteo.....	41
5.2.2. Movimiento de tierras.....	41
5.2.3. Excavaciones	41
5.2.4. Cimentación	42
5.2.5. Hormigón	42
5.2.6. Medición de materiales mezcla y equipo	43
5.2.7. Vertido.....	43
5.2.8. Estructura.....	43
5.2.9 Trabajos de albañilería.....	44
5.2.10. Trabajos de carpintería y cerrajería	45
5.2.11. Instalación de fontanería y saneamiento.....	45
5.2.12. Preinstalación eléctrica	46
5.2.13. Instalación Calefacción	47
5.2.14. Instalación de presión	47

1. Disposiciones generales

1.1. Objeto del presente proyecto

Son objeto de este Pliego de Condiciones regular la ejecución de las obras fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que correspondan, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al Promotor o dueño de la obra, al Contratista o constructor de la misma, sus técnicos y encargados, al Arquitecto y al Aparejador o Arquitecto técnico y a los laboratorios y entidades de Control de Calidad, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

1.2. Documentos que definen las obras

Los documentos que definen las obras y que la propiedad entregue al Contratista, pueden tener carácter contractual o meramente informativo.

Se consideran documentos contractuales a los Planos, Pliego de Condiciones y Presupuesto que se incluyen el proyecto.

Mientras que, los datos incluidos en la Memoria y Anejos; y la justificación de precios tienen carácter meramente informativo.

En caso de que haya alguna contradicción entre la información que recoge los Planos y la información que recoge el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo expuesto en el Pliego de Condiciones.

1.3. Interpretación del proyecto

La interpretación del proyecto recae exclusivamente en la dirección facultativa del mismo, al igual que las órdenes para el desarrollo de la obra. Dentro de la dirección facultativa, se encuentra la figura del Director de Obra.

La dirección facultativa, antes de ejecutar las obras, tiene el derecho a ordenar las modificaciones que considere necesarias, si estas modificaciones no alteran considerablemente el proyecto, no exceda las garantías técnicas y sean razonablemente aconsejables debido a las eventualidades que puedan ocurrir durante la ejecución de los trabajos o mejoras que sean aconsejables de introducir. También podrá ordenar que se

rehaga cualquier obra o partida, total o parcialmente, si considera que su ejecución no es correcta o no se corresponde con lo que estaba especificado en el proyecto.

El contratista tendrá que proporcionar cualquier tipo de facilidad a la dirección facultativa para que esta pueda realizar su trabajo con la máxima eficacia. La dirección facultativa no es responsable ante la propiedad de la tardanza de los Organismos competentes en la tramitación del Proyecto. La tramitación no dependerá de la dirección facultativa, la cual comienza la obra una vez tenga todos los permisos necesarios.

1.4. Trabajos accesorios que no están especificados en este pliego

Los trabajos accesorios son aquellos trabajos que debido a su naturaleza no puede ser previstos con todo detalle, si no que sus detalles se van determinando a medida que se ejecuta la obra.

Si en el transcurso de los trabajos se hiciese necesario ejecutar cualquier clase de obra o instalaciones que no se encuentran descritas en el pliego de condiciones, el adjudicatario estará obligado a realizar ese trabajo siguiendo las órdenes que reciba del Ingeniero Director de Obra y, de acuerdo con las normas o reglamentos que rijan sobre el particular y siempre con arreglo del buen arte constructivo.

El Ingeniero Director de Obra tendrá plenas atribuciones para sancionar la idoneidad de los sistemas empleados, los cuales están expuestos para su aprobación de forma que, a su juicio, las obras o instalaciones que resulten defectuosas total o parcialmente, deberían ser demolidas, desmontadas o recibidas en su totalidad o en parte, sin que ello dé derecho a ningún tipo de reclamación por parte del adjudicatario.

1.5. Condiciones generales de diversa índole

Las obras del presente proyecto, son de nueva construcción, y no hay ningún aprovechamiento de edificaciones anteriores o materiales que hayan sido utilizados. Por lo tanto, serán rechazados automáticamente todos los elementos que hayan tenido un uso anterior. De igual forma, si en alguna excavación o movimiento de tierras surgiese algún elemento o fábrica de anteriores edificaciones, serán demolidas y no podrán ser usadas, salvo que sean de carácter histórico, artístico o monumental o puedan hallarse dentro de la vigente legislación, en el caso de hallazgo de tesoros.

Adjudicadas las obras, el constructor instalará en el terreno una caseta de obra. En ésta habrá dos partes independientes, una la oficina, que deberá tener como mínimo una mesa donde poder ver los planos o documento de forma cómoda; y otra el botiquín, que tendrá lo necesario para realizar alguna cura de emergencia.

1.6. Obras ocultas

Si al finalizar el proyecto, alguna obra queda oculta, será necesario realizar planos precisos y perfectamente definidos. Se realizarán 3 copias, una para el propietario, otra para el director y otra para el contratista, firmando los dos últimos todos los documentos. Estos planos serán documentos necesarios a la hora de efectuar las mediciones.

2. Pliego de condiciones de índole facultativa

2.1. Obligaciones y derechos de la propiedad o del promotor

2.1.1. Derechos de la propiedad

Es aquella persona física, jurídica, pública o privada que se propone ejecutar, por las vías legales establecidas, una obra o conjunto de instalaciones. Podrá exigir a la dirección facultativa que desarrolle sus iniciativas de una forma técnicamente adecuada para la ejecución de la obra, dentro de las limitaciones legales existentes.

También, de acuerdo con el código civil, podrá desistir en cualquier momento de la realización de las obras sin perjuicio de las indemnizaciones que, en su caso, debe satisfacer.

2.1.2. Obligaciones de la propiedad

El promotor estará obligado a abonar las certificaciones de obra que sean necesarias o suministrar todos los recursos necesarios para la buena marcha de la ejecución de la obra del modo y forma en que se hayan establecido anteriormente en el contrato correspondiente.

Igualmente deberá facilitar al director de obra una copia del contrato para que este pueda certificar de acuerdo con lo pactado en el contrato. En el caso de no ser facilitado este documento, la dirección de obra certifica según su propio criterio e independientemente de lo establecido entre la propiedad y el constructor.

El promotor está obligado a satisfacer en el momento oportuno todos los honorarios que se hayan devengado, según queda establecido en los contratos de prestación de servicios entre el director Técnico y la propiedad. Se abstendrá en todo momento de ordenar la ejecución de obra alguna sin la autorización previa del equipo técnico facultativo, o dirección técnica, asumiendo en caso de hacer lo contrario, todas las responsabilidades que por ello pudieran derivarse.

Igualmente está obligado a no introducir modificaciones en la obra sin la autorización de la Dirección de obra, así como producir modificaciones o ampliaciones en la misma con posterioridad al certificado de su terminación sin contar con la debida asistencia facultativa. Deberá dar a las instalaciones el uso para el que fueron proyectadas, no dedicándolas a otras funciones que pudieran afectar a la seguridad de estas, por no estar previstas en el marco sobre el cual se estudió y desarrollo el proyecto técnico.

2.2. Obligaciones y derechos del contratista o adjudicatario

2.2.1. Remisión de solicitud de ofertas

Por la dirección técnica se solicitarán ofertas a las empresas especializadas del sector, para la realización de las instalaciones especificadas en el presente Proyecto para lo cual se pondrá a disposición de los ofertantes un ejemplar del citado Proyecto o un extracto con los datos suficientes. En el caso de que el ofertante lo estime de interés deberá presentar además de la mencionada, la o las soluciones que recomiende para resolver la instalación.

El plazo máximo fijado para la recepción de las ofertas será de un mes.

2.2.2. Residencia del contratista

Desde que se dé comienzo a las obras hasta su recepción definitiva, el Contratista o un representante suyo autorizado, deberá residir en un punto próximo al de ejecución de los trabajos y no podrá ausentarse de él sin previo conocimiento del Ingeniero Director y

notificándole expresamente, la persona que, durante su ausencia le tiene que representar en todas sus funciones.

Cuando se falte a lo anteriormente prescrito, se considerarán válidas las notificaciones que se efectúen al individuo más caracterizado o de mayor categoría técnica de los empleados u operarios de cualquier rama que, como dependientes de la Contrata, intervengan en la obras y, en ausencia de ellos, las depositadas en la residencia, designada como oficial, de la Contrata en los documentos del proyecto, aún en ausencia o negativa de recibo por parte de los dependientes de la Contrata.

2.2.3. Reclamaciones contra las órdenes del director

Las reclamaciones que el Contratista quiere hacer contra las órdenes emanadas del Ingeniero Director, sólo podrá presentarlas a través del mismo ante la propiedad, si ellas son de orden económico y, de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondiente; contra disposiciones de orden técnico o facultativo del Ingeniero Directo, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estimara oportuno, mediante exposición razonada, dirigida al Ingeniero Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo que, en todo caso, será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

2.2.4. Despido por insubordinación, incapacidad y mala fe

Por falta de cumplimiento de las instrucciones del Ingeniero Director o sus subalternos de cualquier clase, encargados de la vigilancia de las obras; por manifiesta incapacidad o por actos que comprometan y perturben la marcha de los trabajos, el Contratista tendrá la obligación de sustituir a sus dependientes y operarios, cuando el Ingeniero Director lo reclame.

2.2.5. Copia de documentos

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costa, de los Pliego de Condiciones, presupuestos y demás documentos de la contrata. El Ingeniero Director de Obra, si el Contratista solicita éstos, autorizará las copias después de contratadas las obras.

2.2.6. Obligaciones del contratista

El constructor se encargara de organizar los trabajos de las instalaciones y montaje de las diferentes partes de la instalación, proyectando y redactando las instalaciones provisionales que se precisen. También deberá, por su puesto en la obra, cumplir con los términos que se incluyen a continuación:

- Ostentar la jefatura de todo el personal que interviene en la obra y coordinar todas las intervenciones de los subcontratistas.
- Respetar y cumplir los documentos gráficos y escritos del director de obra de las instalaciones.
- Facilitar al Ingeniero Técnico o a los instaladores autorizados los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido, con la antelación suficiente.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilizan, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del Ingeniero Técnico, todos los suministros o materiales que no cuentan con las garantías necesarias o con los documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Elaborar cuando se requiere, el plan de seguridad e higiene de la obra, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observación de la normativa vigente de seguridad e higiene en el trabajo.

El instalador autorizado es aquella persona física o jurídica, que posee el carnet de instalador autorizado en su correspondiente especialidad, expedido por el organismo público correspondiente, debiendo cumplir con los siguientes términos:

- Se encarga de realizar la parte de la instalación correspondiente a su especialidad, de acuerdo con los reglamentos que le afecten, garantizando que la instalación se ha llevado a cabo de acuerdo a estos.
- Dirigir al personal a realizar los trabajos que le afecten, comprobando que estos se ajustan a la reglamentación vigente, así como las prescripciones de seguridad e higiene en el trabajo.
- Aportar a las instalaciones los suficientes elementos personales, materiales y medios auxiliares en orden para la correcta realización de su cometido.
- Aportar los elementos, instrumentos, aparatos idóneos a las pruebas y comprobaciones de los resultados previstos.
- Expedir todos los boletines de instalación que sean correspondientes a su especialidad.

2.3. Facultades y obligaciones de la dirección de obra

2.3.1. Facultades de la dirección de obra

Además de todas las facultades particulares, que corresponden al Director de Obra, expresada en los artículos precedentes, es una misión específica la dirección y vigilancia de todos los trabajos que en las instalaciones se realicen bien por sí mismo o por medio de sus representantes técnicos y ello con autoridad técnica legal, completa e indiscutible, incluso en todo lo no previsto específicamente en el “Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación”, sobre las personas y cosas situadas en la instalación y en relación con los trabajos y obras ajenas que se lleven a cabo, pudiendo incluso, pero siempre con causas justificadas, recusar al contratista, si considera que, esta resolución es útil y necesaria para la correcta marcha de la obra.

El Director de Obra podrá alterar o modificar las instalaciones por razones de seguridad. En su caso, coordinar la intervención en obra de otros técnicos, concurran a la dirección con función propia en aspectos parciales de su especialidad.

2.3.2. Obligaciones de la dirección de obra

Las obligaciones del técnico autor del proyecto y director de las instalaciones son:

- Realizar en cada operación la documentación requerida, ya sea gráfica o escrita.
- Visitar las instalaciones en atención al adecuado desarrollo de las mismas.
- Realizar las actas de recepción, preparar la documentación final de la obra y expedir y suscribir en unión con los instaladores autorizados todos los certificados finales de la misma.

2.4. Trabajos, materiales y medios auxiliares

2.4.1. Libro de órdenes

En la casilla y oficina de la obra, tendrá el Contratista el Libro de Órdenes, en el que se anotarán las órdenes que el Ingeniero Director de Obra precise dar en el transcurso de la obra.

El cumplimiento de las órdenes expresadas en dicho libro es tan obligatorio para el Contratista como las que figuran en el Pliego de Condiciones.

2.4.2. Comienzo de los trabajos y plazos de ejecución

Obligatoriamente y por escrito, el Contratista deberá dar cuenta al Ingeniero Director del comienzo de los trabajos, antes de transcurrir 24 horas de sus iniciación; previamente se habrá suscrito el acta de replanteo en las condiciones establecidas en el apartado "Replanteo".

El Adjudicatario comenzará las obras dentro del plazo de 15 días desde la fecha de adjudicación. Dará cuenta al Ingeniero Director, mediante oficio, del día que se propone iniciar los trabajos, debiendo éste dar acuse de recibo.

El Contratista está obligado al cumplimiento de todo cuanto se dispone en la Reglamentación Oficial del Trabajo.

2.4.3. Condiciones generales de ejecución de los trabajos

El Contratista, como es natural, debe emplear los materiales y manos de obra que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones Generales de Índole Técnica" del "Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación" y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la obra, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos pueden existir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servirle de excusa ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que el Ingeniero Director o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valorados en las certificaciones parciales de la obra que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

2.4.4. Trabajos defectuosos

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Ingeniero Director o su representante en la obra adviertan vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o de los materiales empleados, o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrán disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la Contrata. Si ésta no estimase justa la resolución y se negase a la demolición y

reconstrucción ordenadas, se procederá de acuerdo con lo establecido en el apartado "Medios Auxiliares".

2.4.5. Obras y vicios ocultos

Si el Ingeniero Director tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos de demolición y de la reconstrucción que se ocasionen, serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente; en caso contrario, correrán a cargo del Propietario.

2.4.6. Materiales no utilizables o defectuosos

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y de los aparatos sin que antes sean examinados y aceptados por el Ingeniero Director, en los términos que prescriben los Pliego de Condiciones, depositando al efecto del Contratista, las muestras y modelos necesarios, previamente contraseñados, para efectuar con ellos comprobaciones, ensayos o pruebas preceptuadas en el Pliego de Condiciones, vigente en la obra.

Los gastos que ocasionen los ensayos, análisis, pruebas, etc. antes indicados serán a cargo del Contratista.

Cuando los materiales o aparatos no fueran de la calidad requerida o no estuviesen perfectamente preparados, el Ingeniero Director dará la orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas en los Pliegos o, a falta de éstos, a las órdenes del Ingeniero Director.

2.4.7. Medios auxiliares

Es obligación de la Contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras aun cuando no se halle expresamente estipulado en los Pliego de Condiciones, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Ingeniero Director y dentro de los límites de posibilidad que los presupuestos determinen para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

Serán de cuenta y riesgo del Contratista, los andamios, cimbras, máquinas y demás medios auxiliares que para la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesitan, no cabiendo por tanto, al Propietario responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las obras por insuficiencia de dichos medios auxiliares.

Serán asimismo de cuenta del Contratista, los medios auxiliares de protección y señalización de la obra, tales como vallado, elementos de protección provisionales, señales de tráfico adecuadas, señales luminosas nocturnas, etc. y todas las necesarias para evitar accidentes previsibles en función del estado de la obra y de acuerdo con la legislación vigente.

2.5. Recepciones y liquidación

2.5.1. Plazo de ejecución

En el contrato de adjudicación de instalaciones, se fijara el plazo de terminación de las mismas, transcurrido el cual, se llevara a cabo la recepción provisional, completamente terminadas y con todos sus servicios en estado de inmediata utilización.

Se hará, por parte del Ingeniero Director de Obra y en compañía del Contratista, la indicada recepción y se levantara acta por triplicado, que será firmada por los asistentes.

2.5.2. Recepciones provisionales

Para proceder a la recepción provisional de las obras será necesaria la asistencia del Propietario, del Ingeniero Director de Obra y del Contratista o su representante debidamente autorizado.

Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, se darán por percibidas provisionalmente, empezando a correr en dicha fecha el plazo de garantía, que se considerará de 3 meses.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se especificarán en la misma las precisas y detalladas instrucciones que el Ingeniero Director debe señalar al Contratista para remediar los defectos observados, fijándose un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones, a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Después de realizar un escrupuloso reconocimiento y si la obra estuviese conforme con las condiciones de este Pliego, se levantará un acta por duplicado, a la que acompañarán los documentos justificantes de la liquidación final. Una de las actas quedará en poder de la Propiedad y la otra se entregará al Contratista.

2.5.3. Plazo de garantía

Desde la fecha en que la recepción provisional quede realizada, comienza a contarse el plazo de garantía que será de un año. Durante este período, el Contratista se hará cargo de todas aquellas reparaciones y desperfectos imputables a defectos y vicios ocultos.

2.5.4. Conservación de los Trabajos Recibidos Provisionalmente

Si el Contratista, siendo su obligación no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario, procederá a disponer todo lo que se precise para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuere menester para su buena conservación, abonándose todo aquello por cuenta de la contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de rescisión del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Ingeniero Director determine.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del mismo corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuere preciso realizar.

En todo caso, ocupado el edificio o no, el Contratista está obligado a revisar y reparar la obra durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente "Pliego de Condiciones Económicas". El Contratista se obliga a destinar a su costa a un vigilante de las obras que prestará su servicio de acuerdo con las órdenes recibidas de la Dirección Facultativa.

2.5.5. Recepción definitiva

Terminado el plazo de garantía, se verificará la recepción definitiva con las mismas condiciones que la provisional, y si las obras están bien conservadas y en perfectas

condiciones, el Contratista quedará revelado de toda responsabilidad económica; en caso contrario se retrasará la recepción definitiva hasta que, a juicio del Ingeniero Director de Obra, y dentro del plazo que se marque, queden las obras del modo y forma que se determina en este Pliego.

Si en el nuevo reconocimiento resulta que el Contratista no hubiese cumplido, se declarará rescindida la contrata con pérdida de la fianza, a no ser que la Propiedad crea conveniente conceder un nuevo plazo.

2.5.6. Liquidación final

Terminadas las obras, se procederá a la liquidación fijada, que incluirá el importe de las unidades de obra realizadas y las que constituyen modificaciones del Proyecto, siempre y cuando hayan sido previamente aprobadas por la Dirección Técnica con sus precios. De ninguna manera tendrá derecho el Contratista a formular reclamaciones por aumentos de obra que no estuviesen autorizados por escrito a la Entidad Propietaria con el visto bueno del Ingeniero Director.

2.5.7. Liquidación en caso de rescisión

En este caso, la liquidación se hará mediante un contrato liquidatorio, que se redactará de acuerdo por ambas partes. Incluirá el importe de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de rescisión.

3. Pliego de condiciones de índole legal

3.1. Jurisdicción

Para cuantas cuestiones, litigios o diferencias pudieran surgir durante o después de los trabajos, las partes se someterán a juicio de amigables componedores nombrados en número igual por ellas y presidido por el Ingeniero Director de Obra y, en último término, a los Tribunales de Justicia del lugar en que se radique la Propiedad, con expresa renuncia del fuero domiciliario.

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el Contrato y en los documentos que componen el Proyecto (la Memoria no tiene consideración de documento del Proyecto).

El Contratista se obliga a lo establecido en la ley de Contratos de Trabajo y además a lo dispuesto por la de Accidentes de Trabajo, Subsidio Familiar y Seguros Sociales. Serán de cargo y cuenta del Contratista, el vallado y la policía del solar, cuidando de la conservación de sus líneas de lindeo y vigilando que, por los poseedores de las fincas contiguas, si las hubiese, no se realicen durante las obras, actos que mermen o modifiquen la propiedad.

Toda observación referente a este punto será puesta inmediatamente en conocimiento del Ingeniero Director. El Contratista es responsable de toda falta relativa a la política Urbana y a las Ordenanzas Municipales a estos aspectos vigentes en la localidad en que la edificación está emplazada.

3.2. Accidentes de trabajo y daños a terceros

En caso de accidentes ocurridos con motivo y en el ejercicio de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos, en la legislación vigente, y siendo, en todo caso, único responsable de su cumplimiento y sin que, por ningún concepto, pueda quedar afectada la Propiedad por responsabilidades en cualquier aspecto.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan para evitar, en lo posible, accidentes a los obreros o viandantes, no sólo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la obra.

De los accidentes o perjuicios de todo género que, por no cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudieran acaecer o sobrevenir, será éste el único responsable, o sus representantes en la obra, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente dichas disposiciones legales.

El Contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las contiguas. Es por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiera lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El Contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir, cuando a ello fuera requerido, el justificante de tal cumplimiento.

3.3. Pago de arbitrarios

El pago de impuestos y arbitrarios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras por concepto inherente a los propios trabajos que se realizan correrá a cargo de la Contrata, siempre que en las condiciones particulares del Proyecto no se estipule lo contrario. No obstante, el Contratista deberá ser reintegrado del importe de todos aquellos conceptos que el Ingeniero Director considere justo hacerlo.

3.4 Causas de rescisión del contrato

Se considerarán causas suficientes de rescisión las que a continuación se señalan:

1. La muerte o incapacidad del Contratista.
2. La quiebra del Contratista.

En los casos anteriores, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo las obras, bajo las mismas condiciones estipuladas en el Contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que en este último caso tengan aquellos, derecho a indemnización alguna.

3. Las alteraciones del Contrato por las siguientes causas:
 - A. La modificación del Proyecto en forma tal que presente alteraciones siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones, represente, en más o menos del 40 por 100, como mínimo, de algunas unidades del Proyecto modificadas.
 - B. La modificación de unidades de obra, siempre que estas modificaciones representen variaciones en más o menos, del 40 por 100, como mínimo de la unidades del Proyecto modificadas.
4. La suspensión de la obra comenzada y, en todo caso, siempre que, por causas ajenas a la Contrata, no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses, a partir de la adjudicación, en este caso, la devolución de la fianza será automática.

5. La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido un año.
6. El no dar comienzo la Contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del Proyecto.
7. El incumplimiento de las condiciones del Contrato, cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de la obra.
8. La terminación del plazo de ejecución de la obra, sin haberse llegado a ésta.
9. El abandono de la obra sin causa justificada.
10. La mala fe en la ejecución de los trabajos.

4. Pliego de condiciones de índole económica

4.1. Base fundamental

4.1.1. Base fundamental

Como base fundamental de estas “Condiciones Generales de Índole Económica”, se establece el principio de que el Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que estos se hayan realizado con arreglo y sujeción al Proyecto y Condiciones Generales y Particulares que rigen la construcción del edificio y obra aneja contratada.

4.2. Garantías de cumplimiento y fianzas

4.2.1. Garantías

El Ingeniero Director podrá exigir al Contratista la presentación de referencias bancarias o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse de si éste reúne las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del Contrato; dichas referencias, si le son pedidas, el Contratista las presentará antes de la firma del contrato.

4.2.2. Fianzas

Se podrá exigir al Contratista, para que responda del cumplimiento de lo contratado, una fianza del 10% del presupuesto de las obras adjudicadas.

4.2.3. Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para utilizar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero Director, en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tiene derecho el Propietario, en el caso de que el importe de la fianza no es suficiente para abonar el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fueran de recibo.

4.2.4. Devolución de la fianza

La fianza depositada será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de 8 días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra, siempre que el Contratista haya acreditado, por medio de certificado del Alcalde del Distrito Municipal en cuyo término se halla emplazado la obra contratada, que no existe reclamación alguna contra él por los daños y perjuicios que son de su cuenta o por deudas de los jornales o materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

4.3. Precios y revisiones

4.3.1. Precios contradictorios

Si ocurriese algún caso por virtud del cual fuese necesario fijar un nuevo precio, se procederá a estudiarlo y convenirlo contradictoriamente de la siguiente forma.

El Adjudicatario formulará por escrito, bajo su firma, el precio que, a su juicio, debe aplicarse a la nueva unidad. La Dirección Técnica estudiará el que, según su criterio, deba utilizarse.

Si ambos son coincidentes, se formulará por la Dirección Técnica, el Acta de Avenencia, igual que si cualquier pequeña diferencia o error fuesen salvados por simple exposición y convicción de una de las partes, quedando así formalizado el precio contradictorio.

Si no fuera posible conciliar por simple discusión los resultados, el Sr. Director propondrá a la Propiedad que adopte la resolución que estime conveniente, que podrá ser aprobatoria del precio exigido por el Adjudicatario o, en otro caso, la segregación de la obra o instalación nueva, para ser ejecutada por administración o por otro adjudicatario distinto.

La fijación del precio contradictorio habrá de proceder necesariamente al comienzo de la nueva unidad, puesto que, si por cualquier motivo ya se hubiese comenzado, el Adjudicatario estará obligado a aceptar el que buenamente quiera fijarle el Sr. Director y a concluirla a satisfacción de éste.

4.3.2 Reclamaciones de aumento de precios

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error y omisión, reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirve de base para la ejecución de las obras.

Tampoco se le admitirá reclamación de ninguna especie fundada en indicaciones que, sobre las obras, se hagan en la Memoria, por no servir este documento de base a la Contrata. Las equivocaciones materiales o errores aritméticos en las unidades de obra o en su importe, se corregirán en cualquier época que se observen, pero no se tienen en cuenta a los efectos de la rescisión del contrato, señalados en los documentos relativos a las "Condiciones Generales o Particulares de Índole Facultativa", sino en el caso de que el Ingeniero Director o el Contratista los hubieran hecho notar dentro del plazo de 4 meses contados desde la fecha de adjudicación. Las equivocaciones materiales no alterarán la baja proporcional hecha en la Contrata, respecto del importe del presupuesto que ha de servir de base a la misma, pues esta baja se fijará siempre en relación entre las cifras de dicho presupuesto, antes de las correcciones y la cantidad ofrecida.

4.3.3 Revisión de precios

Si se contrata las obras a riesgo y ventura, es natural por ello, que no se deba admitir la revisión de los precios contratados. No obstante y dada la variabilidad continua de los precios de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y transportes, que es característica de determinadas épocas anormales, se admite, durante ellas, la revisión de los precios contratados, bien en alza o en baja y en anomalía con las oscilaciones de los precios en el mercado.

Por ello y en los casos de revisión en alza, el Contratista puede solicitarla del Propietario, en cuanto se produzca cualquier alteración de precio, que repercuta, aumentando los contratos. Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario antes de comenzar o de continuar la ejecución de la unidad de obra en que intervenga el elemento, cuyo precio en el mercado aumenta, y por causa justificada, especificándose y acordándose, también previamente, la fecha a partir de la cual se aplicará el precio revisado y elevado, para lo cual se tendrá en cuenta y cuando así procede, el acopio de materiales de obra, en el caso de que estuviesen total o parcialmente abonados por el propietario.

Si el propietario o el Ingeniero Director, en su representación, no estuviese conforme con los nuevos precios de los materiales, transportes, etc., que el Contratista desea percibir como normales en el mercado, aquel tiene la facultad de proponer al Contratista, y éste la obligación de aceptarlos, los materiales, transportes, etc., a precios inferiores a los pedidos por el Contratista, en cuyo caso lógico y natural, se tendrá en cuenta para la revisión, los precios de los materiales, transportes, etc. adquiridos por el Contratista merced a la información del Propietario.

Cuando el Propietario o el Ingeniero Directo, en su representación, no estuviese conforme con los nuevos precios de los materiales, transportes, etc. concertará entre las dos partes la baja a realizar en los precios unitarios vigentes en la obra, en equidad por la experimentada por cualquiera de los elementos constitutivos de la unidad de obra y la fecha en que empezarán a regir los precios revisados.

Cuando, entre los documentos aprobados por ambas partes, figurase el relativo a los precios unitarios contratados descompuestos, se seguirá un procedimiento similar al preceptuado en los casos de revisión por alza de precios.

4.3.4. Elementos comprendidos en el presupuesto

Al fijar los precios de las diferentes unidades de obra en el presupuesto, se ha tenido en cuenta el importe de andamios, vallas, elevación y transporte del material, es decir, todos los correspondientes a medios auxiliares de la construcción, así como todas suerte de indemnizaciones, impuestos, multas o pago que tengan que hacerse por cualquier concepto, con los que se hallen gravados o se graven los materiales o las obras por el Estado, Provincia o Municipio.

Por esta razón no se abonará al Contratista cantidad alguna por dichos conceptos. En el precio de cada unidad, también van comprendidos los materiales accesorios y

operaciones necesarias para dejar la obra completamente terminada y en disposición de recibirse.

4.4. Valoración y abono de los trabajos

4.4.1. Valoración de la obra

La medición de la obra concluida se hará por el tipo de unidad fijada en el correspondiente Presupuesto.

La valoración deberá obtenerse aplicando a las diversas unidades de obra, el precio que tuviese asignado en el Presupuesto, añadiendo a este importe el de los tantos por ciento que correspondan al beneficio industrial y descontando el tanto por ciento que corresponda a la baja en la subasta hecha por el Contratista.

4.4.2. Mediciones parciales y finales

Las mediciones parciales se verificarán en presencia del Contratista, de cuyo acto se levantará acta por duplicado, que es firmada por ambas partes. La medición final se hará después de terminadas las obras con precisa asistencia del Contratista.

En el acta que se extienda, tendrá que haber verificado la medición en los documentos que le acompañan, deberá aparecer la conformidad del Contratista o de su representación legal. En caso de no haber conformidad, lo expondrá sumariamente y a reserva de ampliar las razones que a ello obliga.

4.4.3. Equivocaciones en el presupuesto

Se supone que el Contratista ha hecho detenido estudio de los documentos que componen el Proyecto, y por tanto al no haber hecho ninguna observación sobre posibles errores o equivocaciones en el mismo, se entiende que no hay lugar a disposición alguna en cuanto afecta a medidas o precios de tal suerte que, si la obra ejecutada con arreglo al Proyecto contiene mayor número de unidades de las previstas, no tiene derecho a reclamación alguna.

Si por el contrario, el número de unidades fuera inferior, se descontará del presupuesto.

4.4.4. Valoración de las obras incompletas

Cuando por consecuencia de rescisión u otras causas fuera preciso valorar las obras incompletas, se aplicarán los precios del Presupuesto, sin que pueda pretenderse hacer la valoración de la unidad de obra fraccionándola en forma distinta a la establecida en los cuadros de descomposición de precios.

4.4.5. Carácter provisional de las liquidaciones parciales

Las liquidaciones parciales tienen carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a certificaciones y variaciones que resulten de la liquidación final. No supone tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden. La propiedad se reserva en todo momento y especialmente al hacer efectivas las liquidaciones parciales, el derecho de comprobar que el Contratista ha cumplido los compromisos referentes al pago de jornales y materiales invertidos en la Obra, a cuyo efecto deberá presentar el Contratista los comprobantes que se exijan.

4.4.6. Pagos

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos y su importe corresponderá, precisamente, al de las Certificaciones de obra expedidas por el Ingeniero Director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

4.4.7. Suspensión por retrasos de pagos

En ningún caso, podrá el Contratista, alegando retraso en los pagos, suspender trabajos ni ejecutarlos a menor ritmo del que les corresponda, con arreglo al plazo en que deben terminarse.

4.4.8. Indemnización por retraso de los trabajos

El importe de la indemnización que debe abonar el Contratista por casusa de retraso no justificado, en el plazo de terminación de las obras contratadas, será: el importe de la suma de perjuicios materiales causados por imposibilidad de ocupación del inmueble, debidamente justificados.

4.4.9. Indemnización por daños de causa mayor al contratista

El Contratista no tendrá derecho a indemnización por causas de pérdidas, averías o perjuicio ocasionados en las obras, sino en los casos de fuerza mayor. Para los efectos de este artículo, se considerarán como tales casos únicamente los que siguen:

1. Los incendios causados por electricidad atmosférica.
2. Los daños producidos por terremotos y maremotos.
3. Los producidos por vientos huracanados, mareas y crecidas de ríos superiores a las que sean de prever en el país, y siempre que exista constancia inequívoca de que el Contratista toma las medidas posibles, dentro de sus medios, para evitar o atenuar los daños.
4. Los que provengan de movimientos del terreno en que estén construidas las obras.
5. Los destrozos ocasionados violentamente, a mano armada, en tiempo de guerra, movimientos sediciosos populares o robos tumultuosos.

La indemnización se referirá, exclusivamente, al abono de las unidades de obra ya ejecutadas o materiales acopiados a pie de obra; en ningún caso comprenderá medios auxiliares, maquinaria o instalaciones, etc., propiedad de la Contrata.

4.5. Varios

4.5.1. Mejoras de obras

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el Ingeniero Director haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el Contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obras en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Ingeniero Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

4.5.2. Seguro de los Trabajos

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada, durante todo el tiempo que dura su ejecución, hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá, en todo momento, con el valor que tengan, por Contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en caso de siniestro, se ingresará a cuenta, a nombre del Propietario, para que con cargo a ella, se abone la obra que se construya y a

medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción.

En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecha en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres ajenos a los de la construcción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda rescindir la Contrata, con devolución de la fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc., y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no le hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Ingeniero Director.

En las obras de reforma o reparación se fijará, previamente, la proporción de edificio que se debe asegurar y su cuantía, y si nada se previese, se entenderá que el seguro ha de comprender toda parte del edificio afectado por la obra. Los riesgos asegurados y las condiciones que figuran en la póliza de seguros, los pondrá el Contratista antes de contratarlos en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

5. Pliego de condiciones de índole técnica

5.1. Condiciones técnicas a cumplir por los materiales

Los materiales deberán cumplir las condiciones técnicas que se especifican en los diferentes documentos del proyecto. Las calidades de estos materiales deben ser también la que sobre ellos están publicadas en distintas normas, y que tendrán un carácter de complemento a este pliego de condiciones. Estas normas se citaran como referencia: Normas MV, normas UNE, normas DIN, normas ASTM, normas NTE, instrucción EHE-98, instrucción EF-96, instrucción RL-88, normas AENOR, normas PIET-70, normas técnicas de calidad de viviendas sociales Orden 24-4-76, y pliego de prescripciones técnicas generales.

Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad los materiales que estén en posesión del documento de idoneidad técnica que avalan sus cualidades, emitidos por organismos técnicos reconocidos.

Para el resto de información acerca de cómo proceder en estos casos, se acudirá al apartado "2.4.6. Materiales No Utilizables o Defectuosos" de este Pliego de Condiciones.

5.1.1. Aguas

En general pueden ser utilizadas para amasar y para curar el hormigón, todas las aguas utilizadas anteriormente por la Dirección de Obra y el Contratista y consideradas como aceptables.

Cuando no se tengan antecedentes de su uso o se dude de las características del agua, la solución será realizar un análisis de las aguas, y salvo que técnicamente la Dirección de Obra justifique que no es ningún problema para las propiedades del hormigón, se rechazarán en estos casos:

- Cuando las aguas tienen un PH inferior a 5.
- Cuando tengan un total de sustancias disueltas superior a 15000 PPM.
- Cuando su contenido en sulfatos, expresado en SO₄, supera las 14000 PPM.
- Cuando contengan ióncloro en proporción superior a 6000 PPM.
- Cuando se aprecie la presencia de hidratos de carbono.
- Cuando contengan sustancias orgánicas solubles en éter, superior a 15000 PPM.

La toma de muestras y los análisis deberán realizarse según las normas UNE 72,36; UNE 72,34; UNE 7130; UNE 7131; UNE 7178; UNE 7132 y UNE 7235. Aquellas que se empleen para la confección de hormigones en estructura, cumplirán las condiciones que se exigen en la instrucción EHE-98.

5.1.2. Cementos

Los cementos a emplear satisfarán las condiciones exigidas en el vigente Pliego de Condiciones Técnicas. Se emplearán las recomendaciones y prescripciones contenidas en el Artículo 5º de la Instrumentación para el proyecto y la Ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EHE-99). En todo caso, los cementos a emplear deberán ser capaces de proporcionar los hormigones las cualidades que a estos se les exige en el Artículo 10 de la citada Instrucción EHE-99.

El cemento que se usa para la ejecución de la cimentación, obras de fábrica, es normal P-350, siempre que las características del terreno lo permitan. En caso contrario, se utilizarán cementos apropiados para cada ambiente, que den resistencias similares, y que

deberán ser aprobados por el Director de Obra, previa la realización de las series completas o reducidas de ensayos que prescriba.

A su recepción en obra, en cada partida de cemento, será sometido a una serie de cambios que serán indicados por el Director de Obra. Los resultados deberán merecer la aprobación de éste para poder utilizarse en obra de partida correspondiente.

El cemento se transportará en envases o depósitos adecuados y homologados y se almacenará en obra, de tal forma que permita el fácil acceso para la adecuada inspección o identificación de cada remesa, en un almacén o silos protegidos convenientemente contra la humedad del suelo y paredes.

Cuando una partida de cemento haya estado almacenada en obra durante un plazo igual o superior a 3 semanas, se repetirán los ensayos citados anteriormente. Estos ensayos se repetirán, cada 3 semanas hasta que se utilice el cemento. En ambientes muy húmedos, el Director de Obra podrá acortar los indicados plazos de 3 semanas. El cemento será rechazado si deja de cumplir alguna de las condiciones que se le exigen en los ensayos que se han indicado.

5.1.3. Áridos

El color producido en un ensayo colorimétrico de materia orgánica (UNE 7082) no será más oscuro que el líquido patrón. El tamaño máximo de áridos a emplear en cada caso cumplirá lo prescrito en la instrucción EHE. Los áridos se recibirán en obra clasificados por tamaños y se almacenarán de modo que no se mezclen entre sí ni con tierra del suelo.

En la primera entrega y cada vez que cambien las características de los áridos recibidos, se enviarán muestras al laboratorio para comprobar el cumplimiento de lo especificado en este Pliego. Podrán emplearse gravas y arenas procedentes de yacimientos y/o de rocas machacadas, u otros áridos sancionados por la práctica. En todo caso, deberán cumplir las siguientes condiciones:

Condición	Fino	Grueso
Máximo contenido de arcilla (UNE7133)	1%	0'25%
Partículas blandas (UNE 7134)	5%	
Finos 0.08 UNE 7050 (UNE 7135)	5%	1%
Material densidad inferior a 2 (UNE 7244)	0'5%	1%
Compuesto SO4+ (UNE 7245)	1'2%	1'1%

Tabla 1. Condiciones que deben cumplir los áridos.

5.1.4. Aditivos

El Contratista podrá proponer el uso de un aditivo para modificar favorablemente las propiedades del hormigón. Para ello, justificará que produce el efecto deseado y no causa perturbaciones ni afecta a las armaduras. Aun así, no se utilizará ninguna clase de aditivos sin la autorización previa, expresa y escrita del Director de Obra, quién deberá valorar la influencia de dicho producto en la resistencia del mortero y hormigón, durabilidad, etc. Para que el Director de Obra pueda admitir el empleo de un aditivo, el Contratista deberá realizar una serie completa que se quiera utilizar y deberá aportar las referencias que exija el Director de Obra.

Todo aditivo deberá proceder de marca comercial con documento de idoneidad que garantice lo aquí establecido.

5.1.5. Morteros de Cemento

El mortero de cemento se define como la masa constituida por árido fino, cemento y agua. Eventualmente puede contener algún producto de adición para mejorar sus propiedades, siempre que se cumplan las condiciones descritas en el Artículo 5º de este Pliego.

Las propiedades del cemento, árido fino y agua, serán las requeridas en los apartados 2.2, 2.3 y 2.4, respectivamente del presente Pliego de Condiciones. Se utilizarán los siguientes tipos de morteros:

- Mortero hidráulico tipo 250 (MH-250) de 250 kg de cemento P-350 por cada m³ de arena, para empleo en obras de fábrica.

- Mortero hidráulico tipo 350 (MH-350) de 350 kg de cemento P-350 por cada m³ de arena, para empleo de guarnecidos y enfoscados.
- Mortero hidráulico hidrófugo tipo 50/250 (MHA-50/250) de 500 kg de cemento P-350 y 25 kg de aditivo hidrófugo, aprobado por cada m³ de arena, para empleo de enlucidos hidrófugos.
- Mortero hidráulico tipo 600 (MH-600) de 600 kg de cemento P-350 por cada m³ de arena, para empleo de enlucidos.

5.1.6. Hormigones

Los hormigones se definen como los materiales formados por mezcla de cemento, agua y árido grueso y eventualmente productor de adición, que al fraguar y endurecen adquieren una notable resistencia.

Los materiales que necesariamente se utilizarán son los definidos en los Artículos 2, 3, 4, y eventualmente, 5 del presente Pliego de Condiciones y cumplirán las prescripciones que para ello se fijan en los mismos. Los hormigones cumplirán las condiciones exigidas en Instrucción EHE-99 para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado. La dosificación de los distintos tipos de hormigón empleados, se obtendrá a través de ensayos previos, basados en unas dosificaciones iniciales provisionales, de acuerdo con lo vigente en la Norma EHE-99.

El Director de Obra determinará, en cada tipo de hormigón, el número de ensayos que será preciso efectuar por m³ de hormigón colocado en obra. En caso de que los ensayos de control, dieran como resultado que la resistencia característica deducida fuese menor que la exigida, y los ensayos de información y/o las pruebas de carga ofreciesen resultados satisfactorios que permiten aceptar la obra realizada, el Contratista sufre una penalización económica consistente en una disminución del precio del m³ de hormigón del 2% por cada 1% de disminución de la resistencia característica exigida. La disminución del precio no podrá sobrepasar, en ningún caso el 50.

El hormigón prefabricado se recibirá en obra acompañado de la hoja de ruta con las características del hormigón suministrado, que han de corresponder a las exigidas para el elemento que se vaya a hormigonar. Se rechazará si no cumple el tiempo máximo de transporte y demás requisitos exigidos en EHE. Mientras, el hormigón preparado en obra se dosificará para alcanzar las características señaladas para cada elemento a hormigonar y cumplir todo lo prescrito en EHE.

5.1.7. Encofrado

Serán de madera, metálicos o de cualquier otro material que reúna análogas condiciones de eficacia. Deberá cumplir la condición de que la deformación máxima de una arista encofrada respecto de la teórica, sea menor o igual de 1 cm de la longitud teórica.

Tanto las uniones como las piezas que constituyan los encofrados, deberán poseer la resistencia y rigidez necesarias, para que con la marcha de hormigón prevista y especialmente bajo los efectos dinámicos producidos por el vibrado, no se originen en el hormigón, durante su período de endurecimiento, esfuerzos anormales, ni movimientos perjudiciales. No serán admisibles los bombeados y desviaciones de los parámetros. La máxima flecha e irregularidad que puedan presentar los parámetros, medida sobre una regla de 2 metros de longitud en cualquier dirección, será el siguiente:

- Superficies vistas: 5 mm
- Superficies ocultas: 15 mm

Las superficies interiores de los encofrados, deberán ser lo suficientemente uniformes y lisas para lograr que los parámetros presenten, en cada caso, el aspecto requerido. Tanto las superficies interiores de los encofrados, como los productos que a ellas se pueden aplicar, no contendrán sustancias agresivas a la masa de hormigón.

Se dispondrá de la cantidad necesaria de encofrados para asegurar el ritmo de hormigonado preciso, sin tener que desencofrar prematuramente. Para ello se cumplirán las condiciones señaladas en el Artículo 11 de la Instrucción para el Proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado.

5.1.8. Yesos y escayolas

Se recibirán en obra, envasados, secos y exentos de grumos. En los envases figurará la fábrica de procedencia, especificando el tipo de yeso y su peso. Los yesos y escayolas cuya fabricación tenga controles periódicos de calidad, realizados por laboratorio oficial, podrán ser empleados directamente en obra. En caso de duda y cuando se empleen otros yesos, la Dirección Facultativa podrá exigir los ensayos químicos y mecánicos necesarios. Los yesos se conservarán bajo techo y en ambiente seco.

5.1.9. Acero para armaduras de hormigón armado

Se emplearán barras de altas adherencia de límite elástico aparente o convencional igual o superior a 4200 kg/m². El acero de las barras de alta adherencia de los mallazos tendrá límite elástico aparente o convencional igual o superior a 5000 kg/m². El módulo de elasticidad será igual o mayor que 2100000 kg/cm². Se cumplirán las condiciones señaladas en el Artículo 9 de la Instrucción para el Proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EHE-99).

Las superficies de los redondos no presentarán asperezas susceptibles de herir a los operarios. Los redondos estarán exentos de pelo, grietas, sopladuras mermas de sección u otros defectos perjudiciales a la resistencia de la barra. Los elementos en los que se aprecien defectos de laminación, falta de homogeneidad, manchas debidas a impurezas, grietas o cualquier otro defecto, serán desechados sin necesidad de someterlos a ninguna clase de pruebas.

5.1.10. Acero en perfiles, pletinas y chapas

Los aceros constituyentes de cualquier tipo de perfiles, pletinas y chapas, serán dulces, perfectamente soldados y laminados. Sus características resistentes serán las del acero S-275.

Todas las piezas deberán estar desprovistas de pelos, grietas, estrías, fisuras y sopladuras. También se rechazarán aquellas unidades que sean agrias en su composición. Las superficies deberán ser regulares. Los defectos superficiales se podrán eliminar con buril o muela, a condición de que en las zonas afectadas, sean respetadas las dimensiones fijadas por los planos de ejecución con las tolerancias previas.

5.1.11. Madera a emplear en medios auxiliares

La madera a utilizar en entibación de zanjas, cimbas, andamios y demás medios auxiliares, deberá cumplir las siguientes condiciones:

- Proceder de troncos sanos, apeados en sazón.
- Haber sido desecada perfectamente al aire.
- No presentar signo alguno de putrefacción, carcoma o ataque de hongos.
- Estar exenta de grietas, hendiduras, manchas, entalladuras, cortes o agujeros o cualquier otro defecto, que puede perjudicar la solidez y la resistencia de la misma.

- Tener sus fibras rectas y no reviradas, paralelas según la mayor dimensión de la pieza.
- Dar sonido claro por percusión.

5.1.12 Ladrillos cerámicos

Los ladrillos cerámicos se definen como las piezas paralelepípedicas formadas por la cocción, previo secado, de una mezcla de tierras arcillosas, de tal forma, que la proporción de su ancho a su longitud sea, aproximadamente y por defecto, de uno a dos que dando variable el grueso de la pieza. Deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Serán homogéneos en toda la masa, no desmoronándose por frotamiento entre ellos.
- No deberán presentarse hendiduras, grietas, oquedades, ni defecto alguno de este tipo.
- Deberán poderse cortar, con facilidad y sin destrozarse, al tamaño que se requiera.
- Tendrán sus caras planas, aristas vivas y finas, pudiendo presentar partículas vitrificadas y debidas a exceso de cochura, pero no se admitirá la presencia de arena y de impurezas que modifiquen el aspecto, durabilidad o resistencia mecánica.
- Tendrán que presentar regularidad de formas y dimensiones, de modo que la diferencia máxima admitida entre medidas homologadas de dos ladrillos sea de 5 mm.
- La resistencia mínima de rotura a compresión, será de 100 kg/m².

5.1.13 Tuberías

Las tuberías serán del tipo, diámetro y presión de servicio que se indican en los Planos y Presupuestos de este Proyecto. Cumplirán las especificaciones contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de abastecimiento de agua vigente.

Las piezas especiales serán capaces de soportar presiones de prueba y trabajo iguales a las tuberías en que hayan de instalarse. El cuerpo principal de estos elementos, será del material indicado en los Planos, y si no se especificase en éstos, serán del material que garantice el fabricante de reconocida solvencia nacional, previa aprobación del Director de Obra, quien también ha de autorizar los modelos a utilizar. En todo caso, el acabado de

las piezas especiales, será perfecto y de funcionamiento, durabilidad y resistencia. Deberán acreditarse mediante los oportunos certificados oficiales.

La superficie interior de cualquier elemento, sea tubería o pieza especial, será lisa, no pudiendo admitirse otros defectos de regularidad que los de carácter accidental o local que queden dentro de las tolerancias prescritas y que no representen ninguna merma de la calidad de circulación de agua. La reparación de tales desperfectos no se realizará sin previa autorización del Director de Obra.

Los tubos y demás elementos de las conducciones y redes, estarán bien terminados, con espesores regulares y cuidadosamente trabajados y deberán resistir sin daños todos los esfuerzos que estén llamados a soportar en servicio y durante las pruebas. Los elementos que conduzcan agua potable, no producirán en ella, ninguna alteración de las cualidades organolépticas, físicas, químicas o bacteriológicas.

5.1.14. Materiales especiales para impermeabilización y saneamiento

➤ **Limos**

Deberán estar compuestos por arenas de sílice seleccionadas, cemento y aditivos químicos. Los aditivos químicos, serán insolubles en agua con buena capacidad de resistencia contra las influencias físico-químicas.

No podrán tener sustancias que por transformaciones químicas alteren directa o indirectamente el hierro o al hormigón. No deberá ser rebajado con otros materiales de construcción.

➤ **Impermeabilizadores de acabado**

Deberán pertenecer al grupo de resinas sintéticas de dos componentes con facilidad de distribución en capas homogéneas y endurecidas dejando superficies brillantes. Su coeficiente de elasticidad deberá permitirle adaptarse al del material sobre el cual sea aplicado, no dando lugar a grietas por dilatación o compresión.

No debe astillarse, no rajarse cuando está seco, ser resistente al desgaste, golpes y además no debe afectarle bacterias ni hongos. Debe ser inodoro e insípido, además perfectamente adherente sobre hormigón y metales, resistentes a los tratamientos con vapor, azufre y lavados con agua y jabón.

5.1.15. Materiales eléctricos

Para el montaje eléctrico y el suministro de material, se seguirá el Reglamento Electrónico para Baja Tensión (REBT), Decreto 2.413/1973 de 20 de septiembre, (BOE nº 242 de 9 de octubre) y las Instrucciones MIBT, Orden de 31 de octubre de 1973, (BOE nº310 de 27 de diciembre).

5.1.16. Pinturas

Las pinturas deberán ser de marca y tipo de reconocido prestigio. Se exigirán los correspondientes certificados de homologación de Organismos Oficiales. Los vehículos de las pinturas estarán exentos de colofonía y sus derivados, así como de resinas fenólicas. Las pinturas no contendrán benzol, derivados clorados, ni cualquier otro disolvente de reconocida toxicidad.

Las pinturas se recibirán en obra en recipientes precintados y deberán tomarse todas las precauciones necesarias para su buena conservación. Los recipientes se abrirán en el momento de su empleo, comprobándose la integridad de sus precintos. Se rechazará todo recipiente cuyo precinto esté roto, así como aquellos cuyo contenido no esté de acuerdo con la muestra depositada, que sirvieron para la aceptación provisional de los tipos. Las pinturas anticorrosivas deberán poseer un certificado que garantice la protección de superficies metálicas atacables, en condiciones de agresividad ambiental media, por un período mínimo de 3 años para una aplicación de dos manos.

Las pinturas a utilizar en señalización horizontal y vertical, serán reflectantes y cumplirán las Normas del M.O.P.U., las pinturas que se empleen sobre elementos galvanizados, como soportes de luminarias, etc. cumplirán las condiciones de adhesividad necesarias para su utilización y durabilidad adecuadas.

Todas las pinturas que hayan de estar en contacto con agua potable, deberán ser inertes y no producir en ella ninguna alteración de las cualidades organolépticas, físicas, químicas o bacteriológicas. Como pinturas sintéticas, se utilizarán resinas epoxídicas sin disolventes, de bajo peso molecular que endurezcan en frío y tengan poder de adhesión sobre el hormigón, así como ausencia total de sabor. Como endurecer, se utilizarán aminas y poliaminas, efectuándose la aplicación mediante rodillo dando el tiempo suficiente para endurecer cada capa.

5.1.17. Colores, aceites, barnices, etc.

Todas las sustancias de uso general en la pintura deberán ser de excelente calidad. Los colores reunirán las condiciones siguientes:

- Facilidad de extenderse y cubrir perfectamente las superficies.
- Fijeza en su tinta.
- Facultad de incorporarse al aceite, color, etc.
- Ser inalterables a la acción de los aceites o de otros colores.
- Insolubilidad en el agua.
- Los aceites y barnices reunirán las siguientes condiciones:
 - Ser inalterables por la acción del aire.
 - Conservar la fijeza de los colores.
 - Transparencia y color perfectos.

Los colores estarán bien molidos y serán mezclados con el aceite, bien purificados y sin posos. Su color será amarillo claro, no admitiéndose el que al usarlos, dejen manchas o ráfagas que indiquen la presencia de sustancias extrañas.

5.1.18. Fábrica de ladrillo

Antes de su colocación en obra, los ladrillos deberán ser saturados de humedad, aunque bien escurridos del exceso de agua, con objeto de evitar el deslavamiento de los morteros. Deberá demolerse toda la fábrica en que el ladrillo no hubiese sido regado o le hubiese sido deficientemente a juicio del Director de Obra.

El asiento del ladrillo se efectuará por hiladas horizontales, no debiendo corresponder en un mismo plano vertical las juntas de dos hiladas. Se emplearán los aperos que el Director de las obras fijas en cada caso. Los tendeles no deberán exceder en ningún punto de 15 mm y las juntas no serán superiores a 9 mm en parte alguna.

Para colocar los ladrillos, una vez juntas y humedecidas las superficies sobre las que han de descansar, se echará el mortero en cantidad suficiente para que comprimiendo fuertemente sobre el ladrillo y apretado además contra los inmediatos, queden espesores de junta señalados y el mortero refluya sin rellenar a tope, para facilitar la adherencia del revoco o enlucido que completará el relleno y producirá la impermeabilidad de la fábrica de ladrillo.

Al reanudarse el trabajo se regará abundantemente la fábrica antigua, se barrerá y se sustituirá, empleando mortero nuevo, todo ladrillo deteriorado.

5.1.19. Enfoscados

Antes de extender, se prepara el parámetro sobre el cual haya de aplicarse. En todos los casos se limpiarán bien de polvo los parámetros y se lavarán, debiendo estar húmeda la superficie de la fábrica antes de tender el mortero. La superficie de los enfoscados deberá quedar áspera para facilitar la perfecta adherencia de ulteriores revestimientos.

Se mantendrán húmedas las superficies enfoscadas, bien se durante la ejecución o después de terminada, para que el fraguado se realice en buenas condiciones. El plazo de curado lo fijará en cada caso el Director de Obra.

5.1.20. Enlucidos

Los enlucidos se aplicarán sobre las fábricas frescas y antes del total de fraguado de morteros y hormigones. Se humedecerá abundantemente la fábrica y seguidamente se extenderá el mortero igualando la superficie con llana, dando un espesor mínimo de 1 cm. A continuación se frotará y alisará nuevamente con llana para conseguir la mayor permeabilidad y el mínimo coeficiente de fricción posible.

Se regará abundantemente para conseguir un buen curado. Si una vez seco aparecen grietas, o se nota por percusión, se picará y se rehará de nuevo a costa del Contratista.

5.1.21. Piezas especiales, válvulas, aparatos y mecanismos

La instalación de piezas especiales, válvulas, aparatos y mecanismos que han de formar parte de las obras se harán de suerte que puedan dar satisfactoriamente el servicio a que se destinen y funcione correctamente y con toda facilidad. Sus características de funcionamiento, construcción, rendimiento, etc., se ajustarán como mínimo a lo especificado en las valoraciones de unidades de obra para cada unidad.

5.1.22. Aceros laminados

Los perfiles laminados y todas sus piezas auxiliares de empalme o acoplamiento, se ajustarán a las prescripciones contenidas en la norma Básica de la edificación (NBE EA-95) estructuras de acero en edificación, según RD 10 Noviembre 1995. El Director de Obra podrá realizar a costa del Adjudicatario todos los análisis o investigaciones que estime necesarias para comprobar su composición y condiciones de trabajo.

5.1.23. Aluminio

Los perfiles de aluminio que se utilicen para la ejecución de las diferentes unidades constructivas serán de fabricación por extrusionado, y estarán sometidos a procesos de anodizado. El contratista deberá presentar Certificado de Garantía, en el que se haga constar por el fabricante el cumplimiento de estas condiciones así como del espesor de la capa anódica, y el procedimiento de coloración.

5.1.24. Sellantes

Los distintos productos para el relleno o sellado de juntas deberán poseer las propiedades siguientes:

- Garantía de envejecimiento.
- Impermeabilización.
- Perfecta adherencia a distintos materiales.
- Inalterabilidad ante el contacto permanente con el agua a presión.
- Capacidad de deformación reversible.
- Fluencia limitada.
- Resistencia a la abrasión.
- Estabilidad mecánica ante las temperaturas extremas.

A tal efecto, el Contratista presentará Certificado de Garantía del fabricante en el que se haga constar el cumplimiento de su producto de los puntos expuestos. La posesión de Documento de Idoneidad Técnica será razón preferencial para su aceptación.

5.1.25. Materiales no incluidos en este apartado del pliego

Cualquier material que no se hubiese consignado o descrito en el presente Pliego y fuese necesario utilizar, reunirá las cualidades que requieran para su función a juicio de la

Dirección Técnica de la Obra y de conformidad con el Pliego de Condiciones de la Edificación. Se consideran además de aplicación las Normas: MP-160, NA-61 y PCHA-61 del I.E.T.C.O y la MV-101.62 del Ministerio de la Vivienda así como toda la Normativa Tecnológica de la Edificación, aunque no sea de obligado cumplimiento, siempre que haya sido aprobada por orden ministerial. Así mismo serán de preferente aceptación aquellos que estén en posesión del Documento de Idoneidad Técnica.

5.2. Condiciones en la ejecución de la instalación y en los materiales y equipos

5.2.1 Replanteo

Antes de dar comienzo a las obras, el Ingeniero Director auxiliado del personal subalterno necesario y en presencia del Contratista o de su representante, procederá al replanteo general de la obra. Una vez finalizado el mismo se levantará acta de comprobación del replanteo.

Los replanteos de detalle se llevarán a cabo de acuerdo con las instrucciones y órdenes del Ingeniero Director de Obra, quien realizará las comprobaciones necesarias en presencia del Contratista o de su representante. El Contratista se hará cargo de las estacas, señales y referencias que se dejen en el terreno como consecuencia del replanteo.

5.2.2. Movimiento de tierras

La ejecución de todos los trabajos afectara principalmente a los de replanteo y explanación, comprendiendo excavaciones o rellenos, taludes y elementos de tensión, excavaciones a cielo abierto, zanjas y pozos, y todos aquellos trabajos complementarios de atribuciones, achiques, desagües, etc. También quedaran incluidos los trabajos de carga, transporte y vertidos.

5.2.3. Excavaciones

Se realizara la limpieza y desbroce del solar explanándolo primeramente si fuese necesario por medio de excavaciones y rellenos, terraplenes, etc., procediendo a continuación al replanteo del edificio y de la obra de urbanización, según los planos del

proyecto. La excavación se ajustará a las dimensiones y cotas indicadas en los planos para cada edificio y estructura.

5.2.4. Cimentación

Se eliminarán los bolos, troncos, raíces de árbol y otros obstáculos que se encuentren dentro de los límites de la excavación, se limitara toda la roca u otro material desprendido y se cortarán de forma que quede una superficie firme, que según lo que se ordena, será nivelada, escalonada o dentada, se eliminarán todas las rocas desprendidas o desintegradas, así como los estratos finos.

Cuando la obra de hormigón o de fábrica debe apoyarse sobre una superficie que no sea roca, se tomarán precauciones especiales para no alterar el fondo de la excavación, no debiéndose llevar hasta el nivel de la rasante definitiva sino hasta inmediatamente antes de colocar el hormigón. Las zanjas de cimentación y las zapatas se excavarán hasta una profundidad mínima de un metro por debajo de la rasante original, pero en todos los casos hasta alcanzar un firme existente.

5.2.5. Hormigón

El cemento será de la calidad normal P-250 o T-350 definidos en el Pliego de Condiciones para la recepción de conglomerados hidráulicos de las obras de carácter oficial. El cemento portland de mercancía de horno y el portland puzolánico serán aceptables al igual que otros tipos de cemento portland.

El agua será limpia y estará exenta de cantidades perjudiciales de aceite, ácido, sales, alcalíes, materias orgánicas u otras sustancias perjudiciales. Al ser sometida a ensayo del árido fino la resistencia de las probetas de mortero hechas con el agua sometida a ensayo y un cemento portland normal será de 28 días como mínimo, el 95% de la resistencia de probetas similares con agua conocida de calidad satisfactoria con el mínimo de cemento y árido fino.

El árido fino consistirá en arena natural y otros materiales inertes de características similares, estarán exentos de álcalis solubles en agua, así como de sustancias que pudieran causar expansión en el hormigón. El árido grueso consistirá en piedra machacada, grave u otros materiales de características similares. Estando exento de las mismas sustancias indicadas en el apartado anterior.

5.2.6. Medición de materiales mezcla y equipo

Todo hormigón se mezclará a máquina excepto en casos de emergencia en los que se mezclará a mano según se ordena. Excepto cuando se haga uso de hormigón premezclado el Contratista situará a pie de obra un equipo aprobado de hormigones por cargas equipadas con un medidor exacto de agua y un dispositivo de regulación. Tendrá capacidad para producir una marca homogénea de hormigón de un color uniforme.

Los aparatos destinados a pesar los áridos y el cemento estarán especialmente proyectados para este fin. Se almacenarán por separado, el árido fino, cada tamaño de árido grueso si lo hay y el cemento.

5.2.7. Vertido

Todo el hormigón se verterá en seco. En todo momento se protegerá el hormigón reciente contra agua corriente. El hormigón se verterá de forma continua o en capas de un espesor tal que no se deposite hormigón suficientemente endurecido pues puede producir la formación de grietas y planos débiles.

5.2.8. Estructura

La estructura tanto si es de hormigón como metálica cumplirá con todas las normas de vigor, en cuanto a valoración de cargas, esfuerzos, coeficientes de seguridad, colocación de elementos estructurales y ensayos y control de la misma según se especifica en las hojas adjuntas

No obstante, se incluyen una serie de condiciones de ejecución que habrán de verificarse en la elaboración, colocación y construcción definitiva de la misma. Los hierros tanto de redondos como de perfiles laminados serán del diámetro, clase y tamaño especificado en los planos de estructura. Se replanteará perfectamente la estructura de acuerdo con los planos, tanto en planta como en altura y tamaños, antes de proceder a la colocación y construcción definitiva de la misma.

Todos los hierros de la estructura, su despiece y colocación se comprobarán antes y después de estar colocados en su sitio, tanto en encofrados como en apeos, no procediéndose a su hormigonado hasta que no se haya verificado por el Ingeniero de Obra. Se comprobará en todos los casos las nivelaciones y verticalidad de todos los elementos tanto de encofrado como de estructura. En las obras de hormigón armado, se regarán todo

los encofrados antes de hormigonar, debiéndose interrumpir éste en caso de temperatura inferiores a 5 °C.

Durante los primeros 7 días, como mínimo será obligatorio el regado diario, y no se desencofrará antes de los 7 días en caso de pilares y muros, y de 15 días en caso de vigas, losas y forjados reticulados, no permitiéndose hasta entonces la puesta en carga de ninguno de estos elementos de la estructura.

En los forjados de tipo cerámico o de viguetas, se procederá al macizado de todas las uniones del mismo con vigas y muros en una dimensión no inferior a 50 cm del eje del apoyo, así como a la colocación de los hierros de atado y de refuerzo para cada vigueta de acuerdo con los planos de estructura, y detalles, incorporándose también el mallazo de reparto. Las entregas de las viguetas de forjados serán como mínimo de 15 cm,

En las estructuras de perfiles laminados se pintarán con una pintura intumesciente todas las partes de la misma que no vayan cubiertas por el hormigón, y se ejecutarán con todas las condiciones estipuladas en la normativa vigente.

5.2.9 Trabajos de albañilería

Las obras de fábrica de ladrillo habrán de ejecutarse con toda perfección y esmero. Tendrán las dimensiones y espesores marcados en planos y medición. Llevarán las juntas verticales encontradas, y a nivel las horizontales, siendo su reparto como mínimo de 20 metros. Los aparejos corresponderán a las necesidades de cada caso. Los ladrillos se sentarán a restregón, previamente humedecidos, cuidando que el mortero refluya por todas sus juntas. En los casos de discontinuidad, se dejarán los muros escalonados para trabar con las fábricas siguientes.

Las bóvedas, arcos, etc... se ejecutarán sobre cimbra, con la precaución de aflojarla al terminar, para su perfecto asiento. Las bóvedas tabicadas, las bovedillas y forjados, llevarán las roscas, material y mortero que se indiquen en medición.

La tabiquería se ejecutará con la clase de ladrillo y material indicado, haciendo su asiento con la clase de mortero que figure en medición. Todos sus paramentos quedarán perfectamente planos, sin alabeos y sus aristas regularizadas, para poder recibir los guarnecidos y tendidos con la menor cantidad posible de material, previa colocación nivelada de los correspondientes guardavivos. Todos los guarnecidos y tendidos estarán perfectamente planos, procediéndose a su ejecución por medio de maestras con separaciones máximas de 2 metros.

La composición de los respectivos morteros será ña señalada en medición y presupuesto para cada caso. El tipo de cubierta se ajustará a las diferentes Normas Tecnológicas que se son de aplicación en función del material base y de acabado.

5.2.10. Trabajos de carpintería y cerrajería

Todos los elementos de carpintería de armar que se empleen han de tener las dimensiones y escuadrías necesarias para cumplir las condiciones de resistencia que hayan de soportar. La carpintería de taller y metálica comprenderá las diversas clases de tipos de puertas, suelos y demás de elementos que se especifiquen en la Memoria.

No se admitirán nudos soltadizos, resquebrajaduras, y uniones encoladas, así como golpes de obra, etc..., exigiéndose el lijado de fábrica en caso de madera y miniado en metálica y la total terminación de lijado, pintura o barnizado para su certificación como unidad ejecutada.

Los herrajes de colgar y seguridad tendrán las dimensiones y características apropiadas a las superficies y peso de las hojas según las normas a aplicar. Los zócalos, jambas y tapajuntas serán de las dimensiones y características adecuadas, según los planos de detalle exigiendo las mismas condiciones que para el resto de la carpintería de taller.

5.2.11. Instalación de fontanería y saneamiento

Los aparatos sanitarios serán los que figuren en los Planos y las Mediciones, exigiéndose la marca, color y calidad definidos, no permitiéndose los aparatos defectuosos de fabricación, cambios de color, defectos del baño, Se colocarán perfectamente nivelados sujetos al suelo.

No se admitirán los alicatados que se estropeen por culpa de la colocación de los aparatos o los accesorios, siendo de cuenta del Contratista la reposición de aquellos. Toda la grifería será la especificada en mediciones presentándose perfectamente unida a los aparatos y comprobándose a su puesta a punto, para certificar los aparatos sanitarios.

La instalación de fontanería será la especificada en mediciones presentándose perfectamente unida a los aparatos y comprobándose su puesta a punto, para certificar los aparatos sanitarios. Se montará a la vista de los planos definitivos de obra, para lo cual presentará a la casa instaladora sus correspondientes planos de montaje, exigiéndose esta premisa como condición previa.

La instalación de agua fría y caliente se ejecutará con el material previsto en la documentación del proyecto, sin abolladuras, y con las secciones precisas en el cálculo. Las uniones entre tramos de tuberías, así como las de estos a los aparatos serán del tipo apropiado de acuerdo con la normativa vigente de aplicación en función del material de ejecución.

La instalación de saneamiento se realizará con la tubería prevista en los desagües de los aparatos, manguetones y botes sifónicos con espesores adecuados a la normativa a aplicar, presentándose sin abolladuras ni cambio de secciones, y cuidando con la máxima exigencia las nivelaciones y recorridos horizontales. El saneamiento vertical se realizará con tuberías tipo Dren o similar según especifique las mediciones, tratando los tramos enteros con juntas Gibaut o de botella según los casos, procurando el mínimo de juntas y uniones.

El Contratista está obligado a montar los aparatos necesarios para comprobar las debidas condiciones de la instalación en todos sus aspectos y como determine la Dirección Facultativa, de forma que se asegure la estanqueidad de la instalación para pruebas de carga de doble presión que la prevista para el uso normal, la libre dilatación y la protección de los materiales.

Para la ejecución de la red exterior de abastecimiento se asegurará también la estanqueidad y la posibilidad de vaciado y purgado de toda o parte de la red. Las tuberías de abastecimiento de agua deberán cumplir en toda su extensión el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de abastecimiento de agua, aprobado por Orden de 9 de Diciembre de 1975.

5.2.12. Preinstalación eléctrica

Los mecanismos de electricidad serán los que figuran en los planos y en las mediciones, exigiéndose la marca, color y calidad definidos en aquellos, no permitiéndose aparatos defectuosos, decolorados, con fisuras, etc... Toda la instalación cumplirá el Reglamento Electrónico de Baja Tensión, y los distintos conductores tendrán las secciones mínimas que en él se prescriben.

Los mecanismos se instalarán nivelados y a las distancias que indique el Ingeniero Director de Obra. La instalación definitiva se montará con los planos de la casa montadora en los que se incluirán todos los pormenores de la instalación, exigiendo esta premisa como condición previa.

La instalación irá de acuerdo con todas las normas de Baja y Alta Tensión del Ministerio de Industria, en todo lo concerniente a tomas de tierra, disyuntores automáticos, simultaneidad, etc... así como a la particulares de la compañía suministradora. Asimismo las canalizaciones de instalarán separadas 30 cm como mínimo de las de agua, gas, etc... y 5 cm como mínimo de las de telefonía o antenas.

Respecto a la instalación de conductos para teléfonos, estas se harán de acuerdo con las condiciones de la compañía suministradora C.T.N.E. teniendo en cuentas que las canalizaciones deberán ir separadas de cualquier otra un mínimo de 5 cm. En cualquier caso todos los materiales de la instalación se protegerán durante el transporte, uso y colocación de los mismos. La instalación de toma de tierra será de uso exclusivo para la puesta a tierra de toda la instalación eléctrica y del edificio completo. La tensión de contacto será inferior a 24 V en cualquier masa, y con una resistencia del terreno menos de 20 Ohmios.

5.2.13. Instalación Calefacción

La instalación de calefacción se ejecutará de acuerdo con los planos de montaje de la casa instaladora que se designe al efecto, teniendo que cumplir las indicaciones de los planos y de las mediciones de tuberías y demás pormenores de la instalación.

Todos los cambios con respecto al proyecto deberán estar justificados por la Contrata y no se certificará ningún cambio por olvido y omisión en la presentación del presupuesto del montaje con respecto al proyecto, exigiendo en todos los casos el perfecto funcionamiento de la instalación.

Se cumplirá el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) según RD 31-7-98.

5.2.14. Instalación de presión

Para la ejecución de la instalación, habrá que seguir las indicaciones de los planos de montaje de la casa instaladora y los planos y las mediciones de tuberías y demás elementos que se recogen en el proyecto.

Cualquier cambio o modificación tendrá que estar justificado por la Contrata y no se aceptará ningún cambio por olvido y omisión en la presentación del presupuesto del montaje con respecto al proyecto, exigiendo el correcto funcionamiento de la instalación.

Se cumplirá el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias según el Real Decreto 2060/2008, de 12 de Diciembre.

En Béjar, a 4 de septiembre de 2017.

Fdo. D. Francisco Manuel García Ingelmo

IV. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Capítulo	01	ACTUACIONES PREVIAS			
Partida	Ud	Transporte de tierras con contenedor de 5 m ³ , a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.	2,0	80,0	160,0
Partida	Ud* Mes	Alquiler mensual de caseta prefabricada para aseos en obra, de 3,25x1,90x2,30 m (6,20 m ²).	16,0	158,12	2.529,9
		Mes Unidad			Subtotal
		A*B 8 2			16,0
Partida	Mes	Alquiler mensual de caseta prefabricada para comedor en obra, de 7,87x2,33x2,30 m (18,40 m ²).	8,0	192,59	1.540,7
Partida	Ud	Teléfono	1,0	136,76	136,76
		CAP01			4.367,4
Capítulo	02	MOVIMIENTO DE TIERRAS			
Partida	m ²	Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad mínima de 25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.	2.760,0	0,7	1.932,0
Partida	m ³	Desmante en tierra, con empleo de medios mecánicos.	3.750,0	1,84	6.900,0
		CAP02			8.832,0
Capítulo	03	RED DE SANEAMIENTO			
Partida	Ud	Arqueta a pie de bajante, registrable, de obra de fábrica, de dimensiones interiores 50x50x50 cm, con tapa prefabricada de hormigón armado, sobre solera de hormigón en masa.	9,0	119,21	1.072,9
Partida	Ud	Arqueta de paso, registrable, de obra de fábrica, de dimensiones interiores 60x60x60 cm, con tapa prefabricada de	4,0	171,43	685,72

		hormigón armado, sobre solera de hormigón en masa.			
Partida	Ud	Arqueta de paso, registrable, de obra de fábrica, de dimensiones interiores 60x60x70 cm, con tapa prefabricada de hormigón armado, sobre solera de hormigón en masa.	2,0	180,18	360,36
Partida	Ud	Arqueta de paso, registrable, de obra de fábrica, de dimensiones interiores 70x70x80 cm, con tapa prefabricada de hormigón armado, sobre solera de hormigón en masa.	1,0	212,87	212,87
Partida	Ud	Arqueta sifónica, registrable, de obra de fábrica, de dimensiones interiores 70x70x80 cm, con tapa prefabricada de hormigón armado, sobre solera de hormigón en masa.	1,0	182,75	182,75
Partida	Ud	Separador de grasas modelo PEAD de la empresa HiSPALHIDRO	2,0	280,0	560,0
Partida	Ud	Caldereta con sumidero sifónico de PVC, color gris RAL 7037, de salida vertical macho de 50 mm de diámetro, con rejilla plana de polipropileno de 150x150 mm, CGJ "ADEQUA".	2,0	16,69	33,38
Partida	Ud	Sumidero sifónico de PVC, S-246 autolimpiante "JIMTEN", de salida vertical de 50 mm de diámetro, con rejilla plana de PVC de 150x150 mm.	2,0	17,65	35,30
Partida	m	Colector enterrado de saneamiento, con arquetas (no incluidas en este precio), de PVC liso, serie SN-4, rigidez anular nominal 4 kN/m ² , de 125 mm de diámetro, pegado mediante adhesivo.	92,0	15,93	1.465,6
Partida	m	Colector enterrado de saneamiento, con arquetas (no incluidas en este precio), de PVC liso, serie SN-4, rigidez anular	58,0	20,51	1.189,6

		nominal 4 kN/m ² , de 160 mm de diámetro, pegado mediante adhesivo.			
Partida	m	Colector enterrado de saneamiento, con arquetas (no incluidas en este precio), de PVC liso, serie SN-4, rigidez anular nominal 4 kN/m ² , de 200 mm de diámetro, pegado mediante adhesivo.	15,0	26,62	399,30
Partida	m	Colector enterrado de saneamiento, con arquetas (no incluidas en este precio), de PVC liso, serie SN-4, rigidez anular nominal 4 kN/m ² , de 250 mm de diámetro, pegado mediante adhesivo.	29,0	35,95	1.042,5
Partida	m	Colector enterrado de saneamiento, con arquetas (no incluidas en este precio), de PVC liso, serie SN-4, rigidez anular nominal 4 kN/m ² , de 315 mm de diámetro, pegado mediante adhesivo.	21,0	49,44	1.038,2
Partida	m	Red de pequeña evacuación, empotrada en paramento, de PVC, serie B, de 40 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo.	16,0	6,29	100,64
Partida	m	Red de pequeña evacuación, empotrada en paramento, de PVC, serie B, de 50 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo.	2,50	7,76	19,40
Partida	m	Red de pequeña evacuación, empotrada en paramento, de PVC, serie B, de 63 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo.	4,0	10,89	43,56
Partida	m	Red de pequeña evacuación, empotrada en paramento, de PVC, serie B, de 100 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo.	4,50	16,60	74,70
Partida	Ud	Bote sifónico de PVC, de 110 mm de diámetro, con tapa ciega de acero inoxidable, empotrado.	3,0	14,29	42,87
Partida	m	Bajante interior de la red de evacuación de aguas residuales, formada por tubo de PVC, serie B, de 50 mm de diámetro, unión	2,0	9,03	18,06

		pegada con adhesivo.			
Partida	m	Bajante interior de la red de evacuación de aguas residuales, formada por tubo de PVC, serie B, de 110 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo.	3,0	19,49	58,47
Partida	m	Canalón circular de PVC con óxido de titanio, para encolar, de desarrollo 250 mm, color gris claro.	150,0	11,56	1.734,0
Partida	m	Bajante exterior de la red de evacuación de aguas pluviales, formada por PVC, serie B, de 110 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo.	40,0	16,82	672,80
Partida	m	Bajante exterior de la red de evacuación de aguas pluviales, formada por PVC, serie B, de 125 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo.	20,0	19,02	380,40
		CAP03			11.423,40
Capítulo	04	CIMENTACIÓN Y SOLERA			
Partida	m ²	Montaje y desmontaje de sistema de encofrado recuperable, realizado con paneles metálicos, amortizables en 200 usos para zapata de cimentación.	503,50	10,66	5.367,3
Partida	m ²	Montaje y desmontaje de sistema de encofrado recuperable, realizado con paneles metálicos, amortizables en 200 usos para viga entre zapatas.	109,50	11,35	1.242,8
Partida	m ³	Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/40/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 50 kg/m ³ , sin incluir encofrado.	369,50	126,21	46.634,60
Partida	m ³	Viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/40/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S,	26,50	134,47	3.563,5

Partida	m ²	cuantía 60 kg/m ³ , sin incluir encofrado. Solera de hormigón en masa de 15 cm de espesor, realizada con hormigón HM-15/B/20/l fabricado en central y vertido desde camión, extendido y vibrado manual, con juntas de retracción.	1.875,0	14,88	27.900,0
		CAPO4			84.708,20
Capítulo	05	ESTRUCTURA			
Partida	Ud	Placa de anclaje 1 de acero S275JR en perfil plano, de 700x600 mm y espesor 40 mm, con 8 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 40 mm de diámetro y 80 cm de longitud total, atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca.	36,0	280,35	10.092,60
Partida	Ud	Placa de anclaje 2 de acero S275JR en perfil plano, de 250x250 mm y espesor 11 mm, con 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 10 mm de diámetro y 30 cm de longitud total, atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca.	6,0	28,30	169,80
Partida	Ud	Placa de anclaje 3 de acero S275JR en perfil plano, de 250x250 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 10 mm de diámetro y 30 cm de longitud total, atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca.	4,0	31,43	125,72
Partida	Ud	Placa de anclaje 4 de acero S275JR en perfil plano, de 200x200 mm y espesor 18 mm, con 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 8 mm de diámetro y 30 cm de longitud total, atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca.	4,0	27,81	111,24

Partida	kg	Acero S275JR en pilares, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.	112.469,08	1,94	218.190,02
			kg	Parcial	Subtotal
	A	HEB 100	261,25	261,25	
	A	HEB 140	432,06	432,06	
	A	HEB 160	2498,2	2.498,20	
	A	HEB 360	46378,4	46.378,4	
	A	HEB 400	62899,17	62.899,2	112.469,08
Partida	kg	Acero S275JR en vigas, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, UPE, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.	25.034,4	1,94	48.566,77
			kg	Parcial	Subtotal
	A	HEB 240	2562,87	2.562,87	
	A	UPE 100, Doble en cajón soldado	1327,66	1.327,66	
	A	UPE 120	1280,58	1.280,58	
	A	UPE 160, Doble en cajón soldado	2298,4	2.298,40	
	A	UPE 180	2084,91	2.084,91	
A	IPE 140 (Correa)	15480	15.480,0	25.034,4	
		CAP05			277.256,15
Capítulo	06	CUBIERTA			
Partida	m	Paneles tipo sándwich con tapajuntas de 40 mm de espesor	1.899,0	25,82	49.032,18
		CAP06			49.032,18
Capítulo	07	CERRAMIENTOS Y DIVISIONES			
Partida	m ²	Cerramiento de fachada formado por	1.951,40	25,75	50.248,

		paneles alveolares prefabricados de hormigón pretensado, de 16 cm de espesor, 1,2 m de anchura y 9 m de longitud máxima, acabado liso, de color gris, dispuestos en posición horizontal.			55
Partida	m ²	Muro cortina de aluminio realizado mediante el sistema Fachada Estructural, de "CORTIZO", con estructura portante calculada para una sobrecarga máxima debida a la acción del viento de 60 kg/m ² , compuesta por una retícula con una separación entre montantes de 150 cm y una distancia entre ejes del forjado o puntos de anclaje de 450 cm; cerramiento compuesto de un 40% de superficie opaca (antepechos, cantos de forjado y falsos techos) y un 60% de superficie transparente fija realizada con doble acristalamiento templado de control solar, color azul, 6/6/6.	190,60	311,41	59.354,75
Partida	m ²	Hoja de partición interior de 11,5 cm de espesor de fábrica, de ladrillo cerámico cara vista macizo de elaboración mecánica, rojo, 24x11,5x5 cm, con junta de 2 cm, rehundida, recibida con mortero de cemento industrial, color gris, M-5, suministrado a granel.	827,0	47,72	39.464,44
Partida	m ²	Estructura de hormigón armado para forjado de oficinas, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, volumen total de hormigón 0,134 m ³ /m ² , y acero UNE-EN 10080 B 500 S con una cuantía total de 11 kg/m ² , sobre sistema de encofrado continuo,	231,0	62,81	14.509,11
Partida	m ²	Falso techo continuo suspendido, situado a	726,0	12,79	9.285,5

Partida		una altura mayor o igual a 4 m, formado por placas nervadas de escayola, de 100x60 cm, con canto recto y acabado liso, suspendidas del forjado mediante varillas metálicas.			
	m	Muro de vallado de parcela, continuo, de 2 m de altura y 15 cm de espesor de hormigón HA-25/B/20/Ila fabricado en central, armado con malla electrosoldada ME 15x15 Ø 8-8 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080, encofrado metálico con acabado visto.	214,0	131,43	28.126,02
		CAP07			200.988,41
Capítulo	08	REVESTIMIENTOS			
Partida	m ²	Enlucido de yeso de aplicación en capa fina C6 en una superficie previamente guarnecida, sobre paramento vertical, de más de 3 m de altura.	1.654,0	1,49	2.464,5
Partida	m ²	Revestimiento decorativo de fachadas con pintura plástica lisa, para la realización de la capa de acabado en revestimientos continuos bicapa; limpieza y lijado previo del soporte de hormigón, en buen estado de conservación, mano de fondo y dos manos de acabado (rendimiento: 0,065 l/m ² cada mano).	1.693,40	3,31	5.605,2
Partida	m ²	Pintura plástica con textura lisa, color blanco, acabado mate, sobre paramentos horizontales y verticales interiores de hormigón, mano de fondo con imprimación a base de copolímeros acrílicos en suspensión acuosa y dos manos de acabado con pintura plástica (rendimiento: 0,187 l/m ² cada mano).	516,0	3,35	1.728,6
Partida	m ²	Pintura plástica con textura lisa, color blanco, acabado mate, sobre paramentos	1.654,0	4,40	7.277,6

		horizontales y verticales interiores de yeso proyectado o placas de yeso laminado, mano de fondo con resinas acrílicas en dispersión acuosa y dos manos de acabado con pintura plástica (rendimiento: 0,187 l/m ² cada mano).			
		CAP08			17.075,81
Capítulo	09	AISLAMIENTO E IMPERMEABILIZADORES			
Partida	m ²	Aislamiento térmico intermedio en particiones interiores de hoja de fábrica, formado por panel rígido de poliestireno expandido, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, de 40 mm de espesor, simplemente apoyado.	827,0	3,07	2.538,9
		CAP09			2.538,9
Capítulo	10	SUELOS Y BALDOSAS			
Partida	m ²	Tarima flotante para las oficinas de tablas de madera maciza de pino, de 17 mm, ensambladas con adhesivo y colocadas a rompejuntas sobre lámina de espuma de polietileno de alta densidad de 3 mm de espesor.	231,0	19,19	4.432,9
Partida	m ²	Solado de baldosas cerámicas de gres porcelánico, pulido, de 30x30 cm, 8 €/m ² , capacidad de absorción de agua E<0,5%, grupo Bla, resistencia al deslizamiento Rd<=15, clase 0, recibidas con adhesivo cementoso normal, C1 sin ninguna característica adicional, color gris y rejuntadas con lechada de cemento blanco, L, BL-V 22,5, para junta mínima (entre 1,5 y 3 mm), coloreada con la misma tonalidad de las piezas.	303,0	17,62	5.338,9
		CAP10			9.771,8
Capítulo	11	CHAPADOS Y ALICATADOS			

Partida	m ²	Alicatado para servicios públicos con gres porcelánico pulido, 20x20 cm, 8 €/m ² , capacidad de absorción de agua E<0,5%, grupo Bla, resistencia al deslizamiento Rd<=15, clase 0, colocado sobre una superficie soporte de yeso o placas de escayola, en paramentos interiores, mediante	97,0	18,92	1.835,2
		CAP11			1.835,2
Capítulo	12	CARPINTERÍA DE ALUMINIO			
Partida	Ud	Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de ventana, corredera simple, de 100x80 cm, serie básica, formada por dos hojas, y con premarco. Cajón de persiana estándar incorporado (monoblock), persiana enrollable de lamas de PVC, con accionamiento manual mediante cinta y recogedor.	1,0	217,89	217,89
		CAP12			217,89
Capítulo	13	CERRAJERÍA			
Partida	m ²	Cerramiento de vidrio templado, de 10 mm de espesor, incoloro, formado por puerta abatible de una hoja, con fijo lateral y fijo superior, fijado al paramento con piezas de acero inoxidable AISI 304.	2,03	270,94	550,01
Partida	m ²	Cerramiento de vidrio templado, de 10 mm de espesor, incoloro, formado por puerta abatible de dos hojas, con fijo lateral y fijo superior, fijado al paramento con piezas de acero inoxidable AISI 304.	12,0	297,96	3.575,5
Partida	Ud	Puerta enrollable para garaje, formada por lamas de chapa lisa de aluminio extrusionado, 300x300 cm, con acabado prelacado de color blanco, apertura manual	2,0	2.194,7	4.389,4
Partida	Ud	Puerta interior abatible, ciega, de una hoja de 180x66x3,5 cm, de tablero aglomerado,	6,0	167,45	1.004,7

Partida	Ud	chapado con sapeli, barnizada en taller; precerco de pino país de 90x35 mm; galces de MDF, con rechapado de madera, de sapeli de 90x20 mm; tapajuntas de MDF, con rechapado	8,0	168,68	1.349,4
Partida	Ud	Puerta interior abatible, ciega, de una hoja de 200x95x3,5 cm, de tablero aglomerado, chapado con sapeli, barnizada en taller; precerco de pino país de 90x35 mm; galces de MDF, con rechapado de madera, de sapeli de 90x20 mm; tapajuntas de MDF, con rechapado de madera, de sapeli de 70x10 mm; con herrajes de colgar y de cierre.	1,0	109,37	109,37
Partida	Ud	Puerta interior de acero galvanizado de una hoja, 850x203 mm de luz y altura de paso, acabado galvanizado, con rejillas de ventilación.	1,0	416,28	416,28
		Escalera recta de madera de abeto, con barandilla de madera, para salvar una altura entre plantas de hasta 400 cm, fijada mecánicamente a la estructura, acabada con barniz sintético.			
		CAP13			11.394,76
Capítulo	14	VIDRIERÍA			
Partida	m ²	Doble acristalamiento estándar, 4/6/4, fijado sobre carpintería con calzos y sellado continuo.	0,80	34,13	27,30
		CAP14			27,30
Capítulo	15	INSTALACIÓN ELÉCTRICA			
Partida	m	Línea general de alimentación enterrada formada por cables unipolares con conductores de cobre, RZ1-K (AS) 3x70+2G35 mm ² , siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, bajo tubo protector de polietileno de doble pared, de 160 mm	28,0	51,61	1.445,1

		de diámetro.			
Partida	Ud	Caja de medida con transformador de intensidad CMT-300E, de hasta 300 A de intensidad, para 1 contador trifásico, instalada en el interior de hornacina mural, en vivienda unifamiliar o local.	1,0	1.141,3	1.141,3
Partida	m	Cable multipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 3G1,5 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.	468,50	1,30	609,05
Partida	m	Canalización fija en superficie de tubo rígido de PVC, enchufable, curvable en caliente, de color negro, de 16 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 1250 N, con grado de protección IP 547.	467,50	2,04	953,70
Partida	m	Cable multipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 3G35 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.	590,0	32,42	19.127,80
Partida	m	Canalización fija en superficie de PVC, serie B, de 80 mm de diámetro.	589,50	6,22	3.666,7
Partida	m	Cable multipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 3G70 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno	455,0	42,01	19.114,55

		reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.			
Partida	m	Cable multipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 5G70 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.	246,0	53,80	13.234,80
Partida	m	Canalización fija en superficie de PVC, serie B, de 160 mm de diámetro.	700,50	10,94	7.663,4
Partida	Ud	Base de toma de corriente con contacto de tierra (2P+T), tipo Schuko, gama básica, intensidad asignada 16 A, tensión asignada 250 V, con tapa, de color blanco y marco embellecedor para un elemento, de color blanco, empotrada.	30,0	9,65	289,50
Partida	Ud	Estación de recarga de vehículos eléctricos para modo de carga 2 compuesta por caja de recarga de vehículo eléctrico, metálica, "SIMON", acabado con pintura epoxi color negro, para alimentación trifásica a 400 V y 50 Hz de frecuencia, con una toma Schuko de 16 A monofásica y una toma Mennekes de 32 A trifásica y lector de tarjeta de proximidad para identificación de usuario.	4,0	1.025,2	4.100,8
Partida	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, bipolar (2P), intensidad nominal 6 A, poder de corte 10 kA, curva C, modelo iC60H A9F89206 "SCHNEIDER ELECTRIC".	5,0	89,16	445,80
Partida	Ud	Interruptor automático magnetotérmico,	7,0	179,31	1.255,2

Partida	Ud	bipolar (2P), intensidad nominal 63 A, poder de corte 10 kA, curva C, modelo C120N A9N18360 "SCHNEIDER ELECTRIC".	2,0	260,67	521,34
Partida	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, bipolar (2P), intensidad nominal 160 A, poder de corte 10 kA, curva C, modelo C120N A9N18363 "SCHNEIDER ELECTRIC".	3,0	528,79	1.586,3
Partida	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 160 A, poder de corte 10 kA, curva C, modelo C120N A9N18376 "SCHNEIDER ELECTRIC".	1,0	588,69	588,69
Partida	Ud	Interruptor diferencial instantáneo, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 25 A, sensibilidad 30 mA, poder de corte 6 kA, clase AC.	1,0	63,38	63,38
Partida	Ud	Interruptor diferencial instantáneo, clase AC, bipolar (2P), intensidad nominal 250 A, sensibilidad 100 mA, FP2100/100 "GENERAL ELECTRIC".	1,0	642,18	642,18
Partida	Ud	Interruptor diferencial instantáneo, clase AC, tetrapolar (4P), intensidad nominal 250 A, sensibilidad 100 mA, FP4100/100 "GENERAL ELECTRIC".	1,0	819,24	819,24
Partida	Ud	Interruptor diferencial selectivo, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 250 A, sensibilidad 300 mA, poder de corte 10 kA, clase AC.	1,0	844,84	844,84
Partida	Ud	Luminaria LED suspendida para taller de	48,0	142,90	6.859,2

Partida	Ud	155 W Luminaria LED rectangular empotrada de 43 W	95,0	40,64	3.860,8
Partida	Ud	Luminaria LED cuadrada emprotrada de 41 W	10,0	33,43	334,30
Partida	Ud	Luminaria LED de emergencia de 8 W	60,0	14,68	880,80
		CAP15			90.048,85
Capítulo	16	FONTANERÍA Y SANITARIOS			
Partida	Ud	Plato de ducha de porcelana sanitaria, gama básica, color blanco, 90x90x10 cm.	2,0	148,47	296,94
Partida	Ud	Lavabo de porcelana sanitaria, con pedestal, gama básica, color blanco, de 650x510 mm, y desagüe, acabado cromo con sifón curvo.	7,0	107,27	750,89
Partida	Ud	Inodoro con tanque bajo, gama básica, color blanco.	5,0	192,34	961,70
Partida	Ud	Urinario con desagüe visto, funcionamiento sin agua, de 390x300x240 mm.	2,0	611,33	1.222,7
Partida	Ud	Cabina para vestuario, de 900x1400 mm y 2000 mm de altura, de tablero fenólico HPL, de 13 mm de espesor, color a elegir; compuesta de: puerta de 600x1800 mm y 1 lateral de 1800 mm de altura; estructura soporte de aluminio anodizado y herrajes de acero inoxidable AISI 316L.	4,0	678,28	2.713,1
Partida	Ud	Barra de sujeción para minusválidos, rehabilitación y tercera edad, para inodoro, colocada en pared, abatible, con forma de U, de aluminio y nylon.	2,0	325,92	651,84
Partida	m	Tubería para alimentación de agua potable, colocada superficialmente, formada por tubo de cobre rígido, de 20/22 mm de diámetro.	24,64	14,40	354,82
Partida	m	Tubería para alimentación de agua potable, colocada superficialmente, formada por tubo de cobre rígido, de 25/27 mm de	65,93	18,14	1.195,9

Partida	m	diámetro. Tubería para alimentación de agua potable, colocada superficialmente, formada por tubo de cobre rígido, de 40/42 mm de diámetro.	71,30	27,76	1.979,3
		CAP16			10.127,23
Capítulo	17	CLIMATIZACIÓN Y ACS			
Partida	Ud	Calentador eléctrico instantáneo para el servicio de A.C.S., mural vertical, con dos escalones de potencia y ajuste automático de la temperatura del agua en función del caudal, potencia de A.C.S. de 8 a 24 kW, caudal de 9,8 a 13,5 l/min, eficiencia energética clase A, perfil de consumo S, alimentación trifásica (400V/50Hz), de 472x236x139 mm, modelo ED 24-2S "JUNKERS".	1,0	486,66	486,66
Partida	Ud	Calentador eléctrico instantáneo para el servicio de A.C.S., mural vertical, con dos escalones de potencia y ajuste automático de la temperatura del agua en función del caudal, potencia de A.C.S. de 6 a 18 kW, caudal de 9,8 a 11,5 l/min, eficiencia energética clase A, perfil de consumo S, alimentación trifásica (400V/50Hz), de 472x236x139 mm, modelo ED 18-2S "JUNKERS".	1,0	449,61	449,61
Partida	Ud	bomba de calor aire-aire modelo AIRSYS KH10 o similares	1,0	6.669,0	6.669,0
		CAP17		3	3
					7.605,3
Capítulo	18	INSTALACIÓN DE PRESIÓN			
Partida	m	Tubería de aluminio de 16 mm	5,0	22,46	112,30
Partida	m	Tubería de aluminio de 25 mm	37,0	24,07	890,59
		CAP18			1.002,9
Capítulo	19	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS			
Partida	Ud	Extintor portátil de polvo químico ABC	10,0	15,91	159,10

		polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 6 kg de agente extintor, amortizable en 3 usos.			
Partida	Ud	Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 34A-233B-C, con 9 kg de agente extintor, amortizable en 3 usos.	1,0	19,87	19,87
Partida	Ud	Central de detección automática de incendios, convencional, microprocesada, de 4 zonas de detección.	1,0	307,05	307,05
Partida	Ud	Puerta cortafuegos de acero galvanizado homologada, EI2 120-C5, de una hoja, 900x2000 mm de luz y altura de paso, acabado lacado en color blanco, con cierrapuertas para uso moderado.	3,0	503,95	1.511,9
Partida	Ud	Pulsador de alarma convencional de rearme manual, con tapa.	10,0	28,56	285,60
Partida	Ud	Sirena electrónica, de color rojo, para montaje interior, con señal acústica.	3,0	51,06	153,18
Partida	Ud	Señalización de equipos contra incendios, mediante placa de poliestireno fotoluminiscente, de 420x420 mm.	21,0	10,44	219,24
Partida	Ud	Señalización de medios de evacuación, mediante placa de poliestireno fotoluminiscente, de 420x420 mm.	18,0	10,92	196,56
		CAP19			2.852,5
Capítulo	20	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD			
Partida	m	Valla trasladable de 3,50x2,00 m, formada por panel de malla electrosoldada de 200x100 mm de paso de malla y postes verticales de 40 mm de diámetro, acabado galvanizado, colocados sobre bases prefabricadas de hormigón, para delimitación provisional de zona de obras,	239,0	7,28	1.739,9

		con malla de ocultación colocada sobre la valla. Amortizables las vallas en 5 usos y las bases en 5 usos.			
Partida	Ud	Botiquín de urgencia en caseta de obra.	3,0	103,62	310,86
Partida	Ud	Casco contra golpes, amortizable en 10 usos.	20,0	0,24	4,80
Partida	Ud	Par de guantes contra riesgos mecánicos amortizable en 4 usos.	20,0	3,51	70,20
Partida	Ud	Juego de orejeras, estándar, con atenuación acústica de 15 dB, amortizable en 10 usos.	10,0	1,04	10,40
Partida	Ud	Par de zapatos de seguridad, con resistencia al deslizamiento, con código de designación SB, amortizable en 2 usos.	20,0	19,73	394,60
Partida	Ud	Mono de protección, amortizable en 5 usos.	20,0	8,16	163,20
Partida	Ud	Cartel general indicativo de riesgos, de PVC serigrafiado, de 990x670 mm, amortizable en 3 usos, fijado con bridas.	4,0	6,57	26,28
		CAP20			2.720,3

SUMA DE TODOS LOS CAPÍTULOS		
Capítulo	Descripción	Importe (€)
01	Actuaciones previas	4367'40
02	Movimiento de tierras	8832'00
03	Red de saneamiento	11432'40
04	Cimentación y solera	84708'20
05	Estructura	277256'15
06	Cubierta	49032'18
07	Cerramientos y divisiones	200988'41
08	Revestimientos	17075'81
09	Aislamiento e impermeabilizadores	2538'89
10	Suelos y baldosas	9771'75
11	Chapados y alicatados	1835'24
12	Carpintería de aluminio	217'89
13	Cerrajería	11394'76
14	Vidriería	27'3
15	Instalación eléctrica	90048'85
16	Fontanería y sanitarios	10127'23
17	Climatización y ACS	7605'30
18	Instalación de presión	1002'89
19	Protección contra incendios	2852'45
20	Estudio de seguridad y salud	2720'26
Total de todos los capítulos		793826'36

RESUMEN TOTAL DEL PRESUPUESTO	
Capítulo	Importe
Total Presupuesto de Ejecución Material (PEM)	793826'36
Gastos generales y de empresa (12%PEM)	95259'16
Beneficio industrial (6%PEM)	47629'58
	<hr/>
	936715'1
Impuesto sobre el valor añadido (21%PEM+GG+BI)	196710'17
Presupuesto general de ejecución por contrata (PEC)	1133425'27

En Béjar, a 4 de septiembre de 2017.

Fdo. D. Francisco Manuel García Ingelmo



VNIVERSIDAD
D SALAMANCA

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Mecánica

PROYECTO TÉCNICO DE EJECUCIÓN DE EDIFICIO
INDUSTRIAL PARA UN CONCESIONARIO Y
REPARACIÓN DE VEHÍCULOS CON INSTALACIONES
TOMO II

Autor: Francisco Manuel García Ingelmo

Tutor: Pedro Antonio Gómez Sánchez

Septiembre 2017

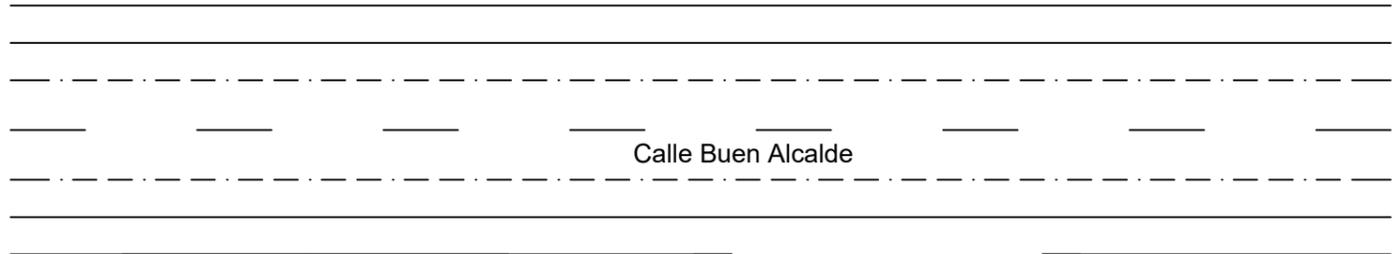
Índice general del tomo II

- V. PLANOS
- VI. PROYECTO DE SEGURIDAD Y SALUD

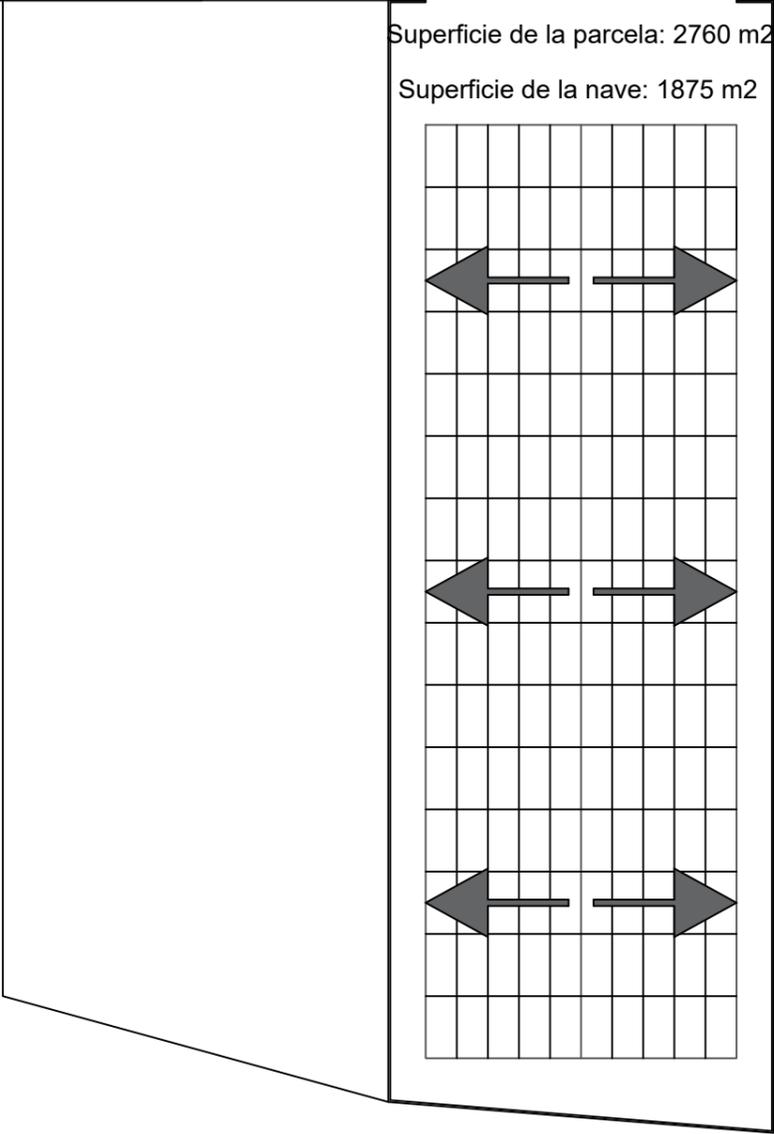
V. PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

1. Ubicación y cubierta
2. Planta baja
3. Primera planta
4. Plano estructural en 3D
5. Sección estructural y detalle de uniones
6. Placas de anclaje
7. Dimensionado y armado de zapatas
8. Planta de cimentación
9. Iluminación de la planta baja
10. Iluminación de la primera planta
11. Esquema unifilar
12. Red de abastecimiento de agua
13. Red de saneamiento, aparatos sanitarios
14. Red de saneamiento, arquetas y colectores
15. Instalación de presión
16. Protección contra incendios, planta baja
17. Protección contra incendios, primera planta



Calle Buen Alcalde

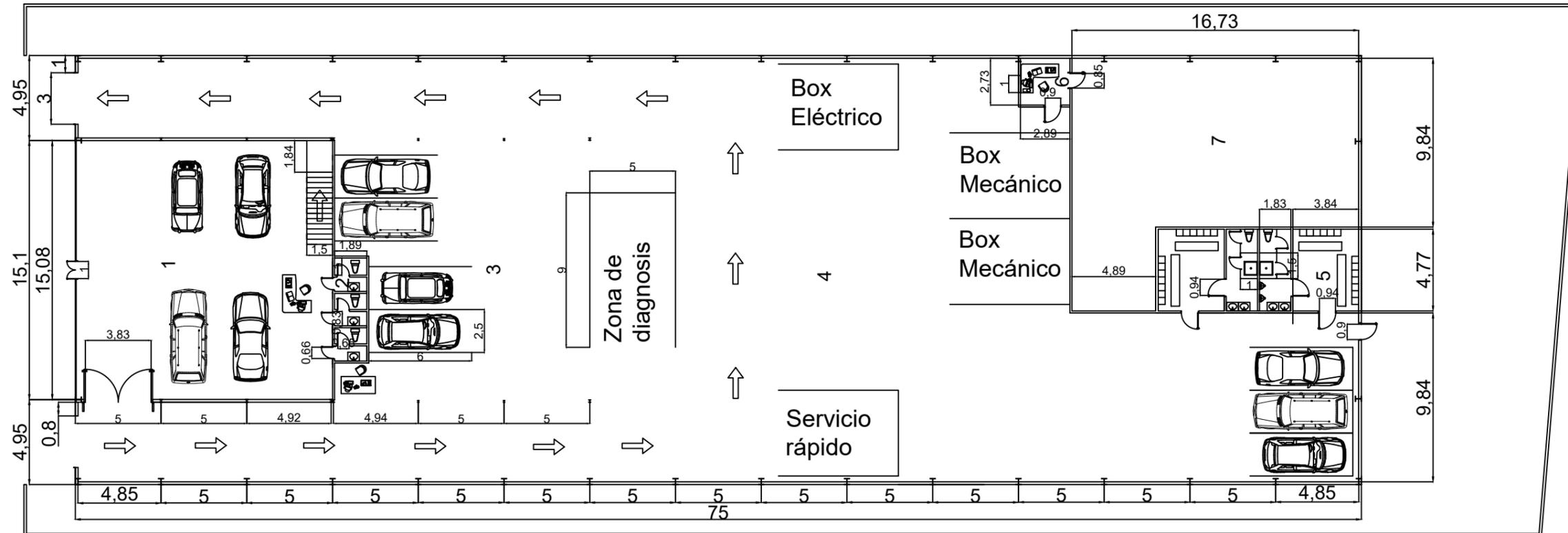


Superficie de la parcela: 2760 m²

Superficie de la nave: 1875 m²

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL DE BÉJAR**
TRABAJO DE FIN DE GRADO CURSO 2016/2017
Proyecto técnico de ejecución de edificio industrial para
un concesionario y reparación de vehículos con instalaciones.

ALUMNO: Francisco Manuel García Ingelmo	TUTOR: Pedro Antonio Gómez Sánchez	FECHA: 04/09/2017	FIRMA:
UBICACIÓN: Calle Buen Alcalde, polígono industrial de Béjar, Salamanca			Nº DE PLANO: 01
PLANO: Ubicación y cubierta			
ESCALA: 1/500			



LEYENDA.

1. Zona de exposición.	231 m2
2. Servicios públicos.	12 m2
3. Zona de aparcamiento.	219 m2
4. Zona de taller.	1149 m2
5. Vestuarios.	60 m2
6. Cabina de almacén.	9 m2
7. Almacén.	195 m2
8. Zona de oficinas.	231 m2

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR

TRABAJO DE FIN DE GRADO CURSO 2016/2017

Proyecto técnico de ejecución de edificio industrial para un concesionario y reparación de vehículos con instalaciones.

ALUMNO:
Francisco Manuel García Ingelmo

TUTOR:
Pedro Antonio Gómez Sánchez

FECHA:
04/09/2017

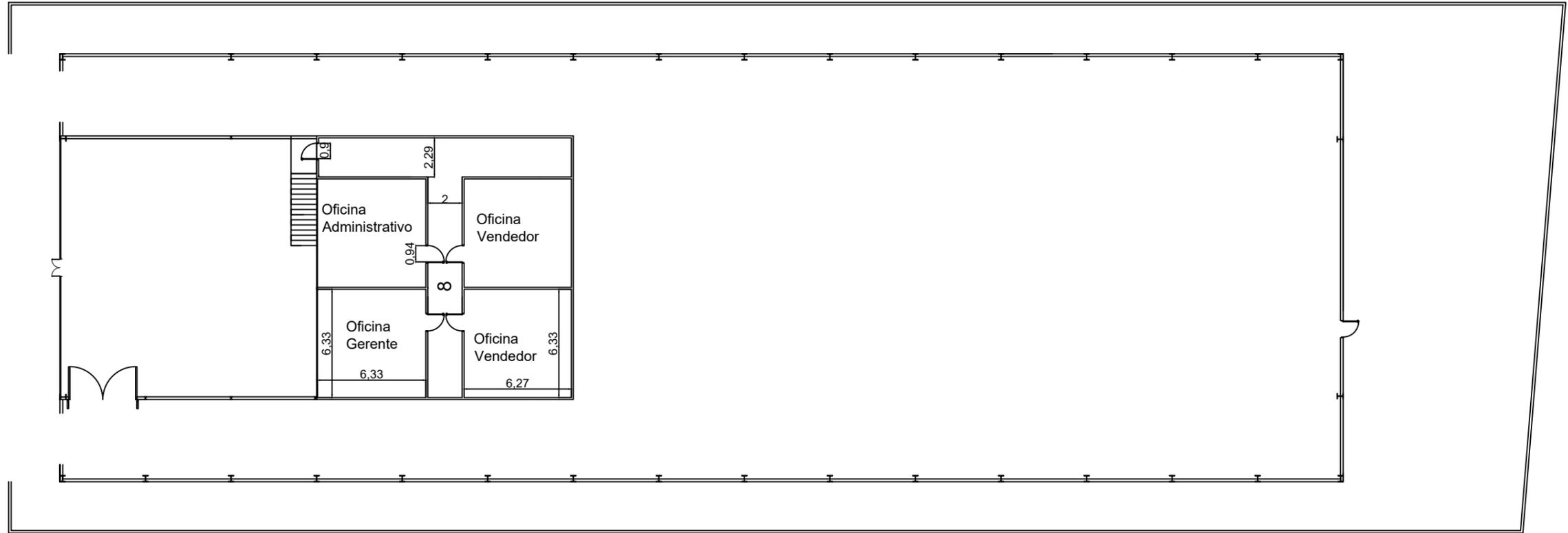
FIRMA:

UBICACIÓN:
Calle Buen Alcalde, polígono industrial de Béjar, Salamanca

PLANO:
Planta baja.

ESCALA:
1:250

Nº DE PLANO:
02



LEYENDA.

1.	Zona de exposición.	231 m ²
2.	Servicios públicos.	12 m ²
3.	Zona de aparcamiento.	219 m ²
4.	Zona de taller.	1149 m ²
5.	Vestuarios.	60 m ²
6.	Cabina de almacén.	9 m ²
7.	Almacén.	195 m ²
8.	Zona de oficinas.	231 m ²

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR
TRABAJO DE FIN DE GRADO CURSO 2016/2017

Proyecto técnico de ejecución de edificio industrial para un concesionario y reparación de vehículos con instalaciones.

ALUMNO:
Francisco Manuel García Ingelmo

TUTOR:
Pedro Antonio Gómez Sánchez

FECHA:
04/09/2017

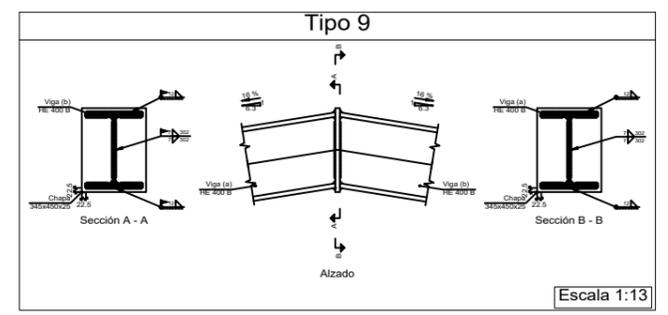
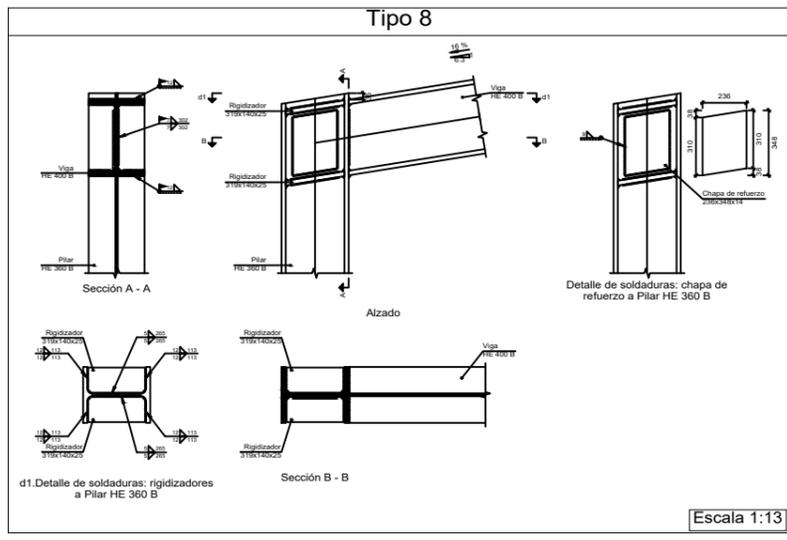
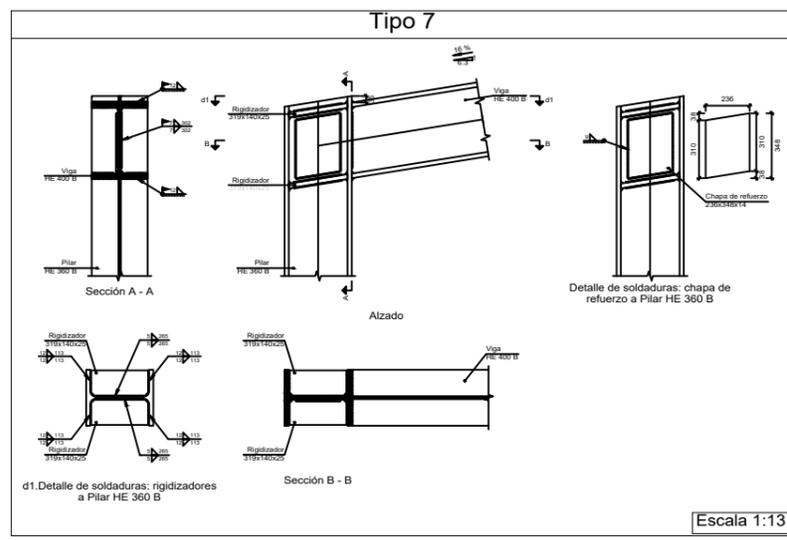
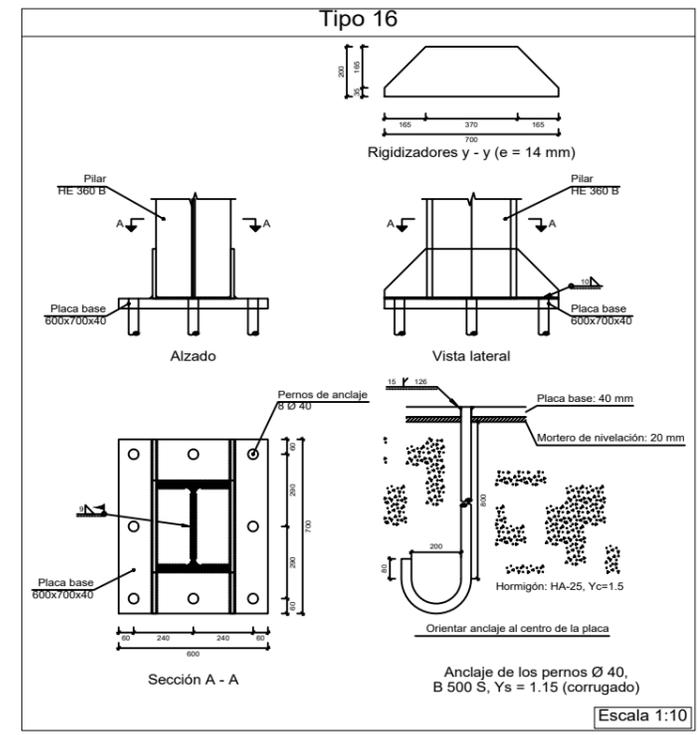
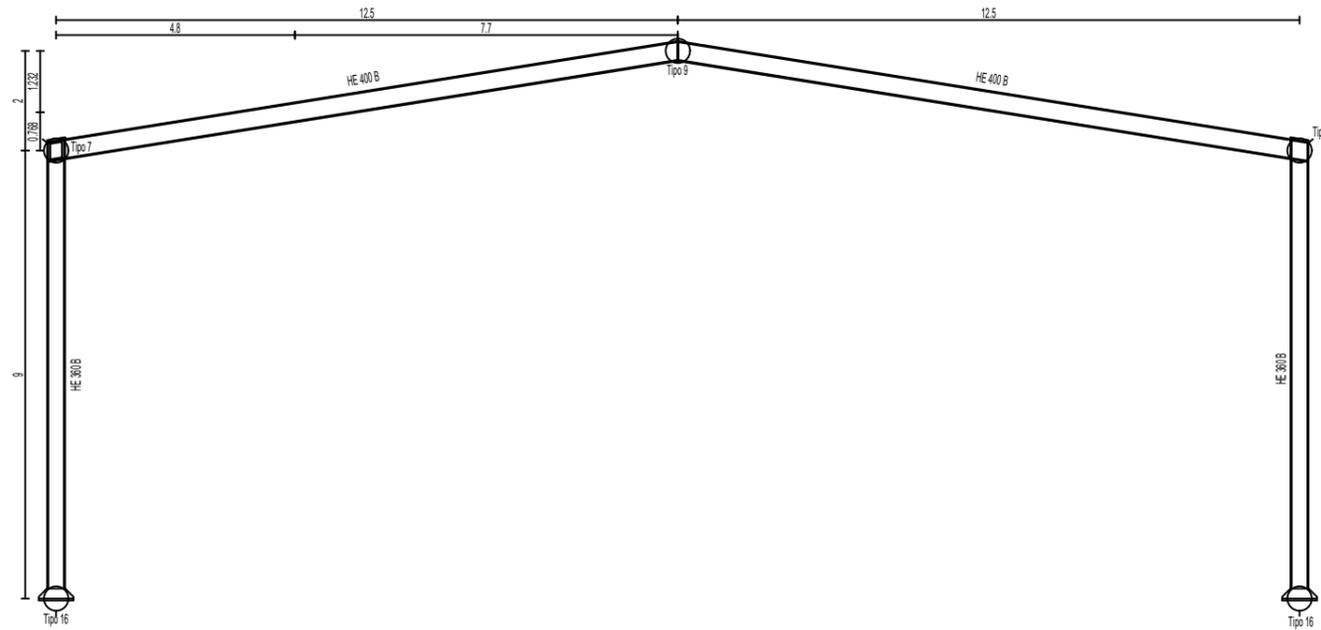
FIRMA:

UBICACIÓN:
Calle Buen Alcalde, polígono industrial de Béjar, Salamanca

PLANO:
Primera planta.

ESCALA:
1:250

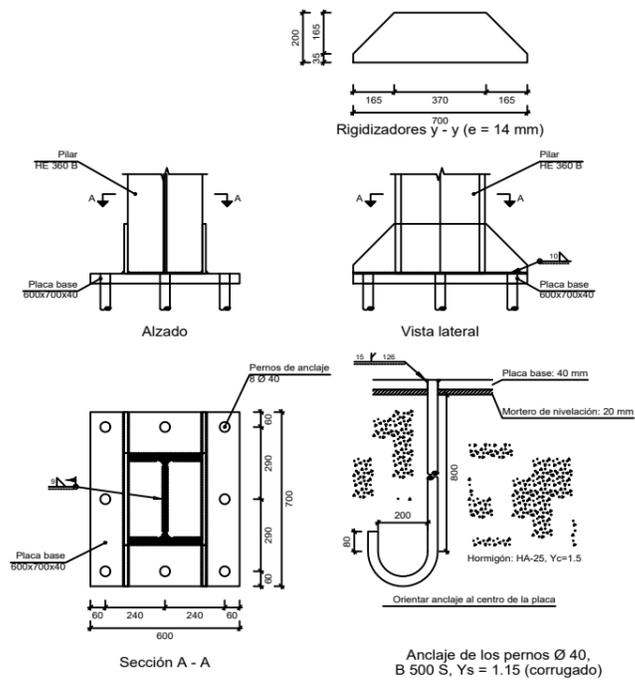
Nº DE PLANO:
03



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR
TRABAJO DE FIN DE GRADO CURSO 2016/2017
 Proyecto técnico de ejecución de edificio industrial para un concesionario y reparación de vehículos con instalaciones.

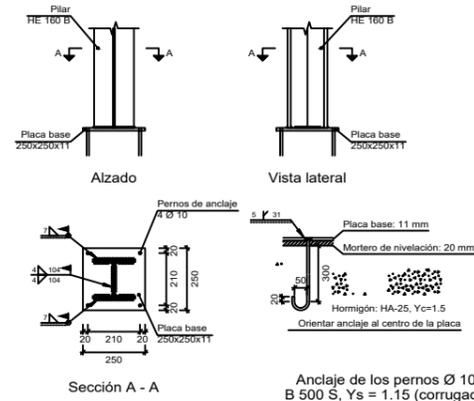
ALUMNO: Francisco Manuel García Ingelmo	TUTOR: Pedro Antonio Gómez Sánchez	FECHA: 04/09/2017	FIRMA:
UBICACIÓN: Calle Buen Alcalde, polígono industrial de Béjar, Salamanca			Nº DE PLANO: 05
PLANO: Sección estructural y detalles de uniones.			
ESCALA: 1:250			

Placa 1



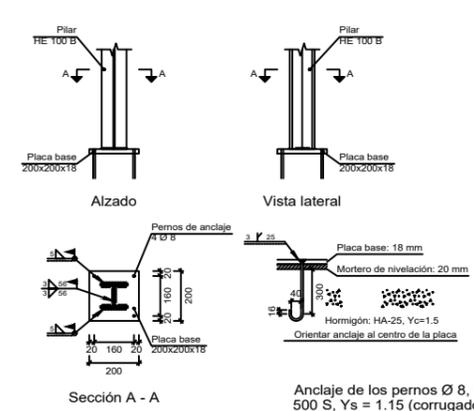
Anclaje de los pernos Ø 40, B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)

Placa 2



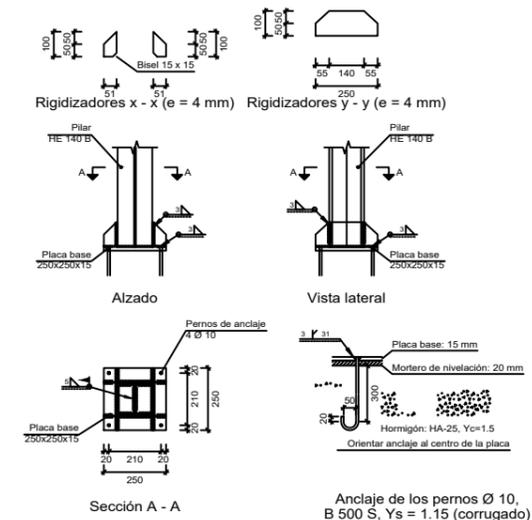
Anclaje de los pernos Ø 10, B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)

Placa 3



Anclaje de los pernos Ø 8, B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)

Placa 4



Anclaje de los pernos Ø 10, B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)

Cuadro de arranques		
Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
N83, N81, N237, N239, N1, N6, N11, N16, N21, N26, N31, N36, N41, N46, N51, N56, N61, N66, N71, N76, N78, N73, N68, N63, N58, N53, N48, N43, N38, N33, N28, N23, N18, N13, N8 y N3	8 Pernos Ø 40	Placa base 1 (600x700x40)
N243, N247, N241, N245, N251 y N249	4 Pernos Ø 10	Placa base 2 (250x250x11)
N87, N85, N199 y N201	4 Pernos Ø 8	Placa base 3 (200x200x18)
N123, N161, N163 y N125	4 Pernos Ø 10	Placa base 4 (250x250x15)

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR
TRABAJO DE FIN DE GRADO CURSO 2016/2017
 Proyecto técnico de ejecución de edificio industrial para un concesionario y reparación de vehículos con instalaciones.

ALUMNO:
Francisco Manuel García Ingelmo

TUTOR:
Pedro Antonio Gómez Sánchez

FECHA:
04/09/2017

FIRMA:

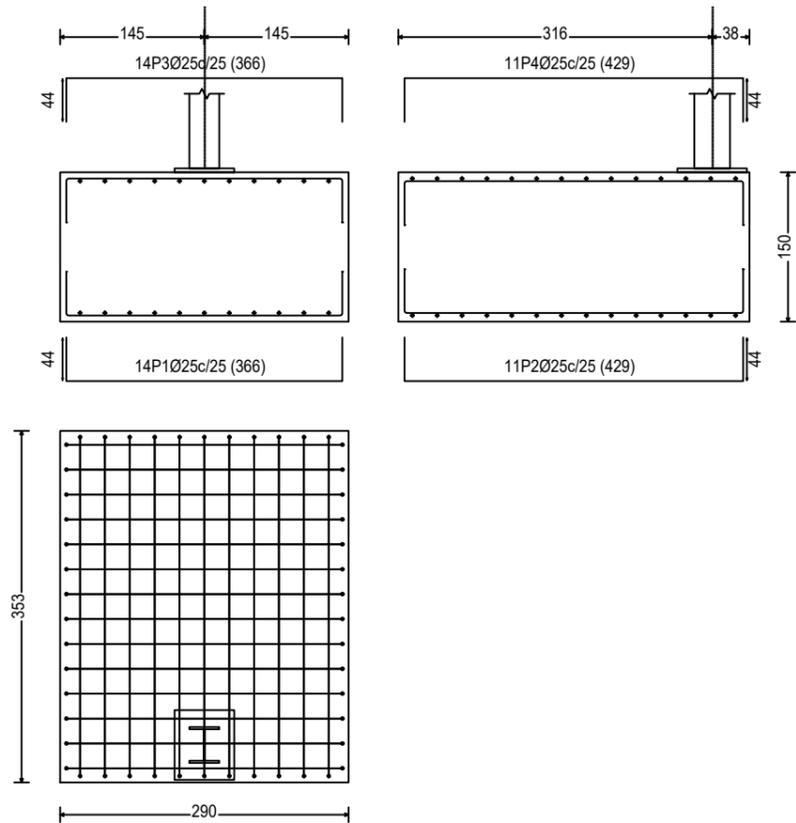
UBICACIÓN:
Calle Buen Alcalde, polígono industrial de Béjar, Salamanca

PLANO:
Placas de anclaje.

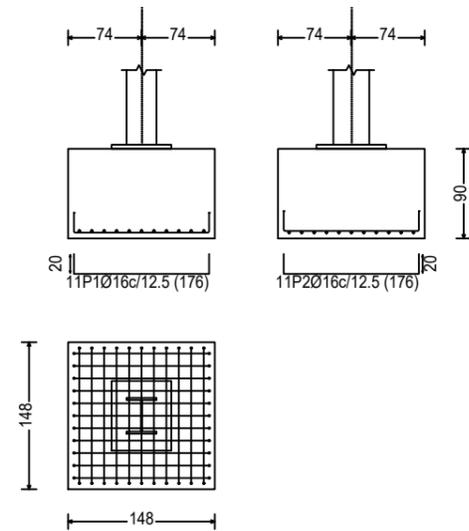
ESCALA:
1:250

Nº DE PLANO:
06

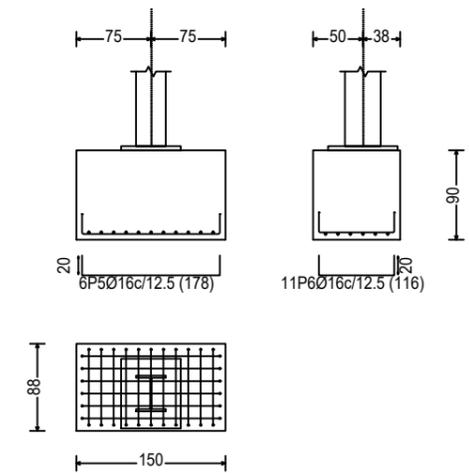
Zapata 1



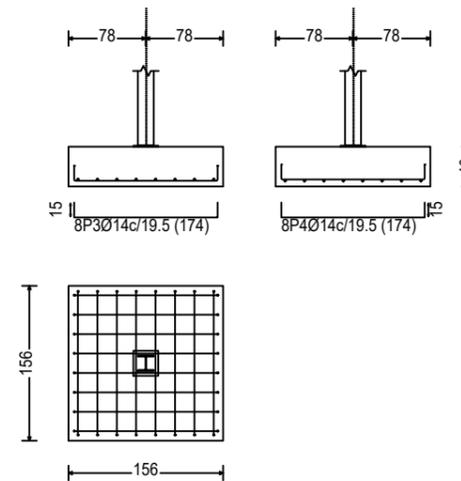
Zapata 2



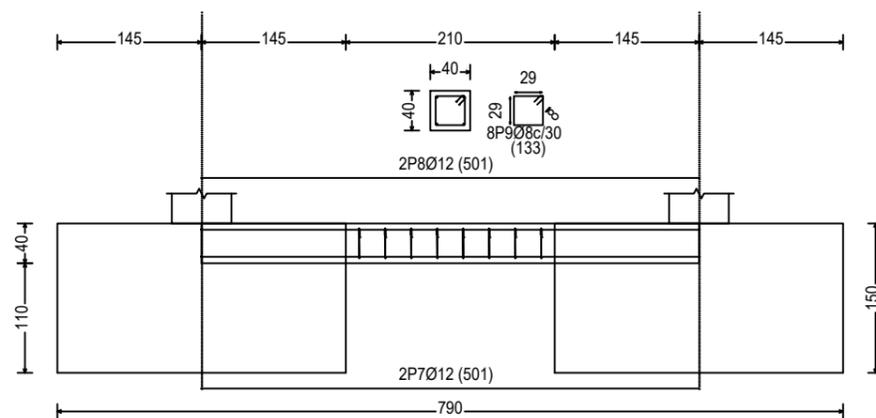
Zapata 3



Zapata 4

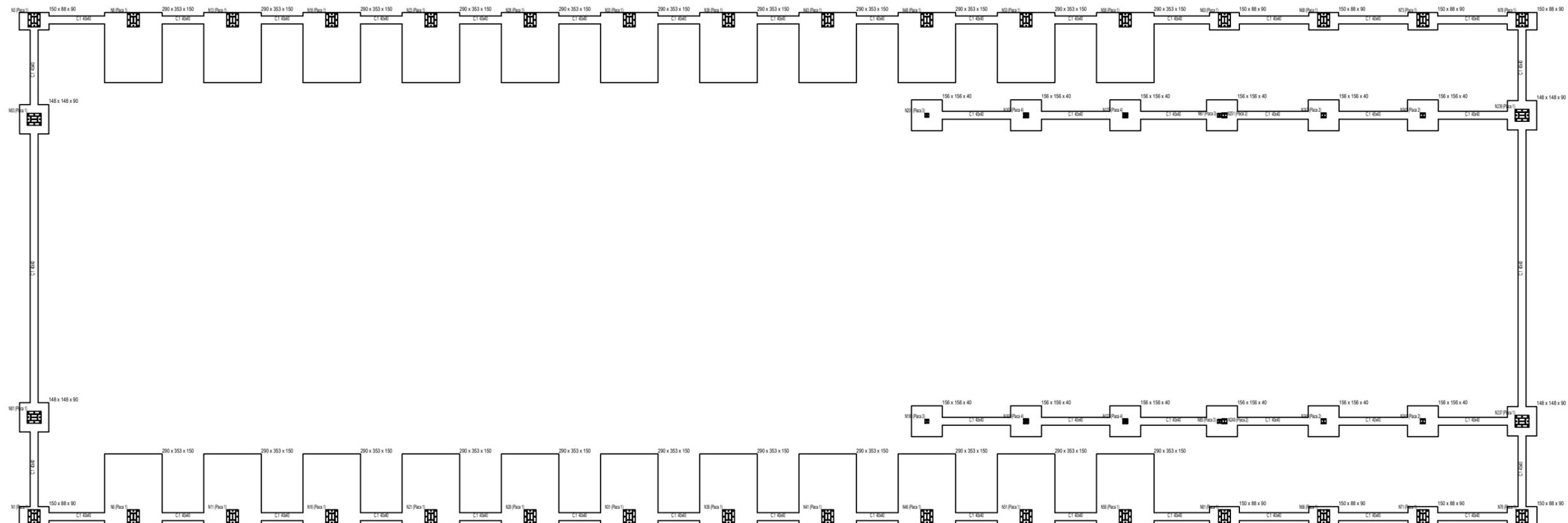


Viga de atado

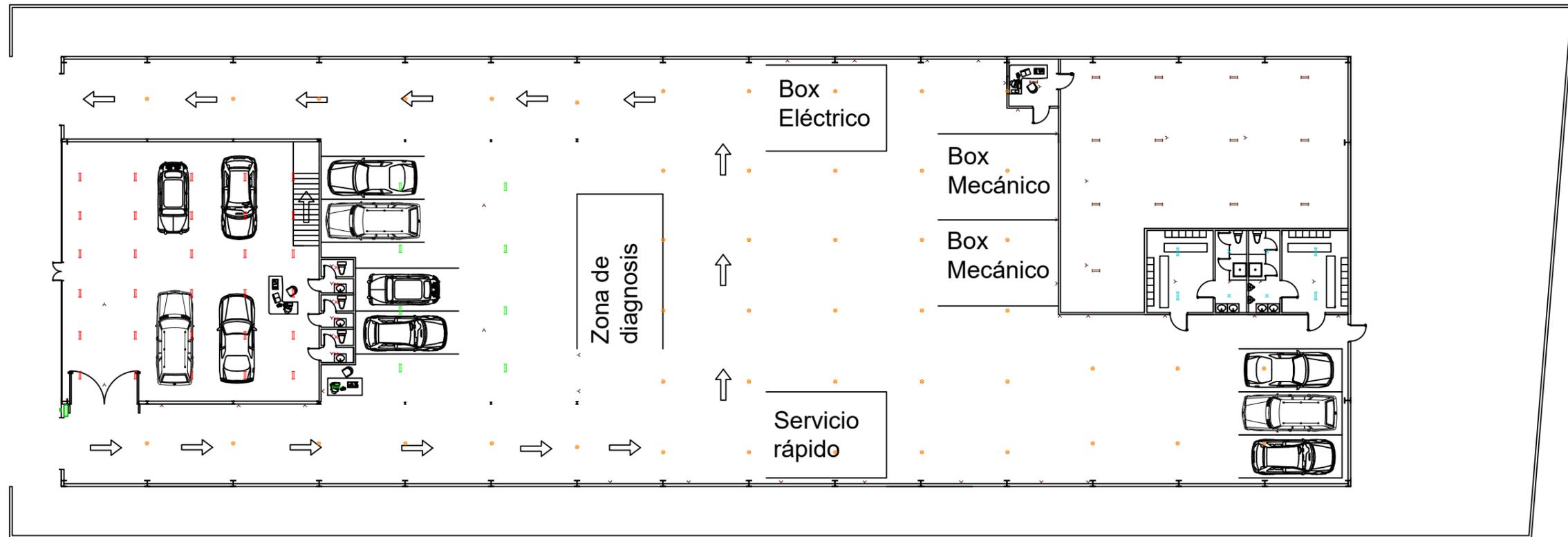


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR
 TRABAJO DE FIN DE GRADO CURSO 2016/2017
 Proyecto técnico de ejecución de edificio industrial para
 un concesionario y reparación de vehículos con instalaciones.

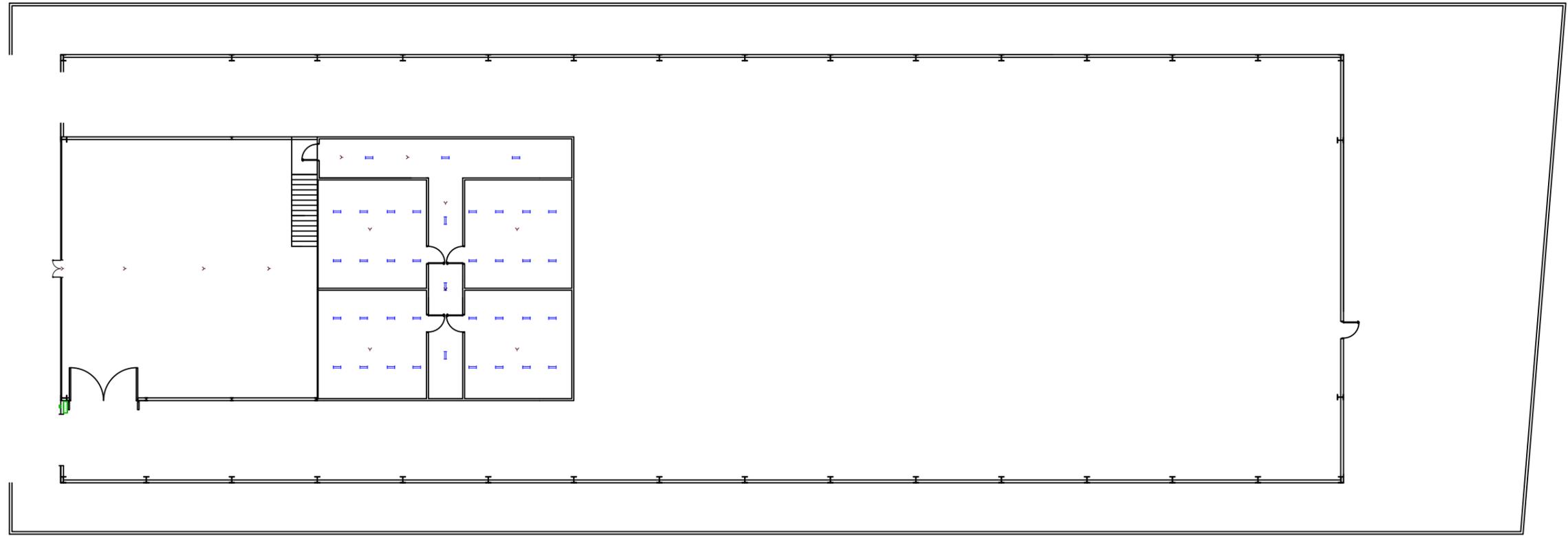
ALUMNO: Francisco Manuel García Ingelmo	TUTOR: Pedro Antonio Gómez Sánchez	FECHA: 04/09/2017	FIRMA:
UBICACIÓN: Calle Buen Alcalde, polígono industrial de Béjar, Salamanca			Nº DE PLANO: 07
PLANO: Dimensiona y armado de zapatas.			
ESCALA: 1:250			



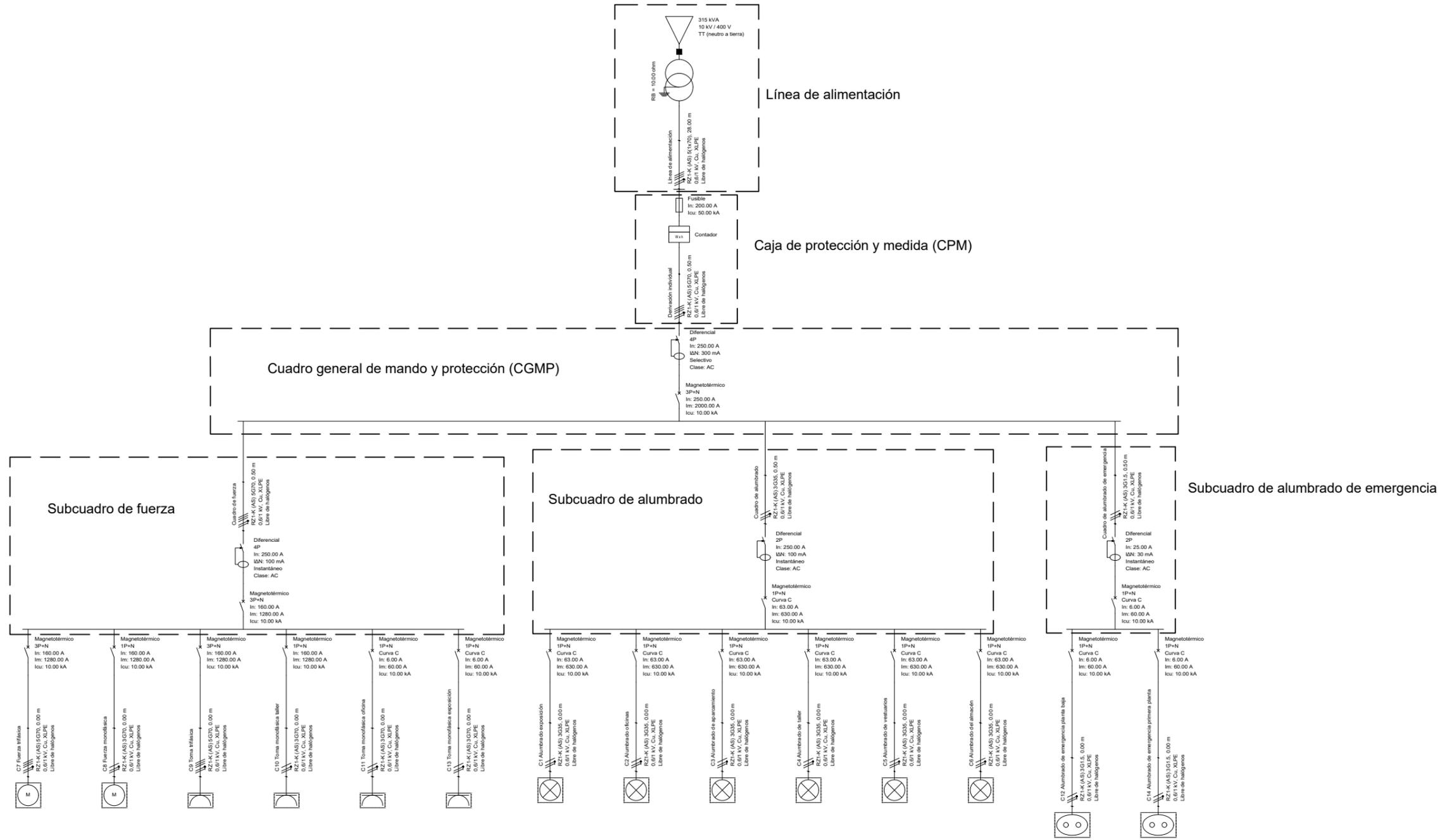
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR TRABAJO DE FIN DE GRADO CURSO 2016/2017 Proyecto técnico de ejecución de edificio industrial para un concesionario y reparación de vehículos con instalaciones.			
ALUMNO: Francisco Manuel García Ingelmo	TUTOR: Pedro Antonio Gómez Sánchez	FECHA: 04/09/2017	FIRMA:
UBICACIÓN: Calle Buen Alcalde, polígono industrial de Béjar, Salamanca			Nº DE PLANO: 08
PLANO: Planta de cimentación.			
ESCALA: 1:400			



<p>LEYENDA.</p> <ul style="list-style-type: none"> CGMP y subcuadros de protección y subcuadros Cuadro general de mando y protección (CGMP) y subcuadros Caja Caja de protección y medida (CPM) Luminaria LED 43W Luminaria LED 43W (Zona de exposición) Luminaria LED 43W Luminaria LED 43W (Aparcamiento) Luminaria LED 43W Luminaria LED 43W (Cabina y almacén) Luminaria LED 43W Luminaria LED 43W (Vestuarios) Luminaria LED 41W Luminaria LED 41W (Vestuarios) Luminaria LED 41W Luminaria LED 41W (Servicios públicos) Luminaria LED 155W Luminaria LED 155W (Zona de taller) Luminaria LED de emergencia 8W Luminaria LED de emergencia 8W 				<p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR TRABAJO DE FIN DE GRADO CURSO 2016/2017 Proyecto técnico de ejecución de edificio industrial para un concesionario y reparación de vehículos con instalaciones.</p>			
<p>ALUMNO: Francisco Manuel García Ingelmo</p>		<p>TUTOR: Pedro Antonio Gómez Sánchez</p>		<p>FECHA: 04/09/2017</p>	<p>FIRMA:</p>		
<p>UBICACIÓN: Calle Buen Alcalde, polígono industrial de Béjar, Salamanca</p>					<p>Nº DE PLANO: 09</p>		
<p>PLANO: Iluminación de la planta baja.</p>							
<p>ESCALA: 1:250</p>							

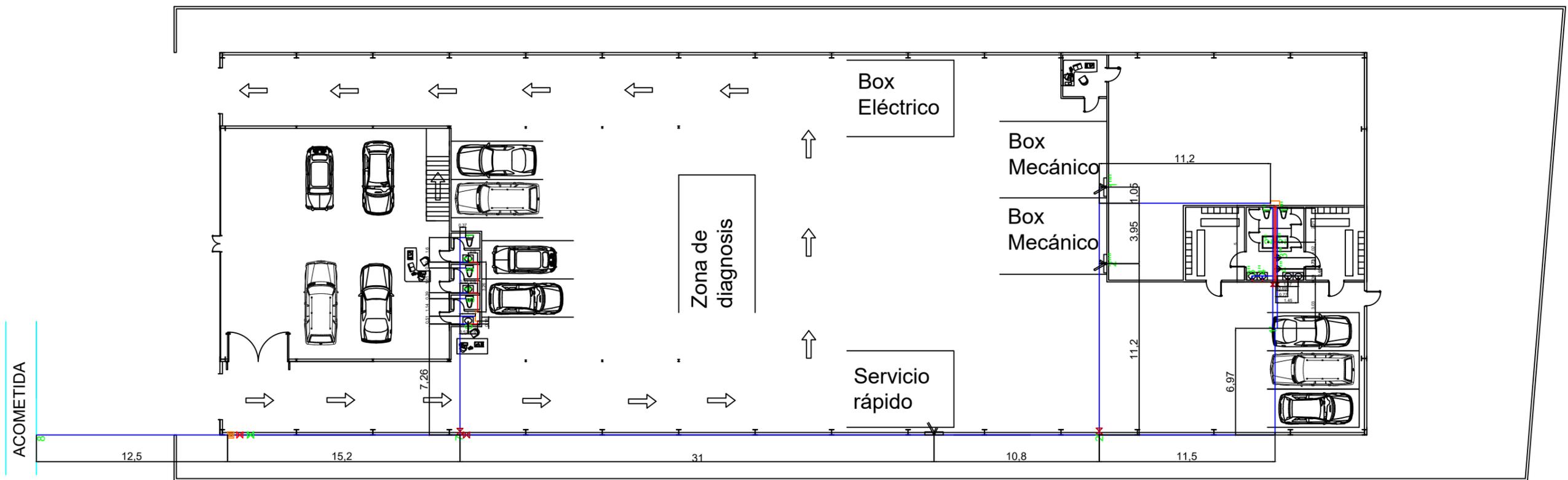


LEYENDA.  Cuadro general de mando y protección (CGMP) y subcuadros  Caja de protección y medida (CPM)  Luminaria LED 43W (Zona de oficinas)  Luminaria LED de emergencia 8W	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR TRABAJO DE FIN DE GRADO CURSO 2016/2017 Proyecto técnico de ejecución de edificio industrial para un concesionario y reparación de vehículos con instalaciones.			
	ALUMNO: Francisco Manuel García Ingelmo	TUTOR: Pedro Antonio Gómez Sánchez	FECHA: 04/09/2017	FIRMA:
	UBICACIÓN: Calle Buen Alcalde, polígono industrial de Béjar, Salamanca			Nº DE PLANO: 10
	PLANO: Iluminación de la primera planta.			
ESCALA: 1:250				

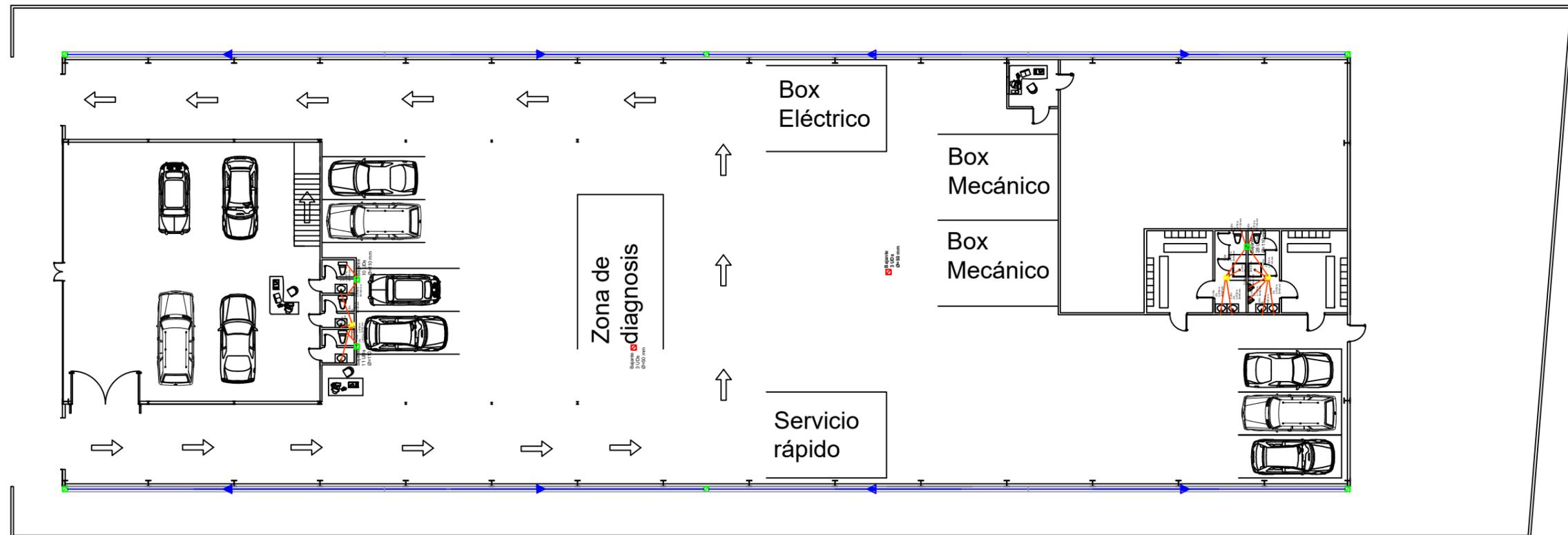


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR
TRABAJO DE FIN DE GRADO CURSO 2016/2017
 Proyecto técnico de ejecución de edificio industrial para un concesionario y reparación de vehículos con instalaciones.

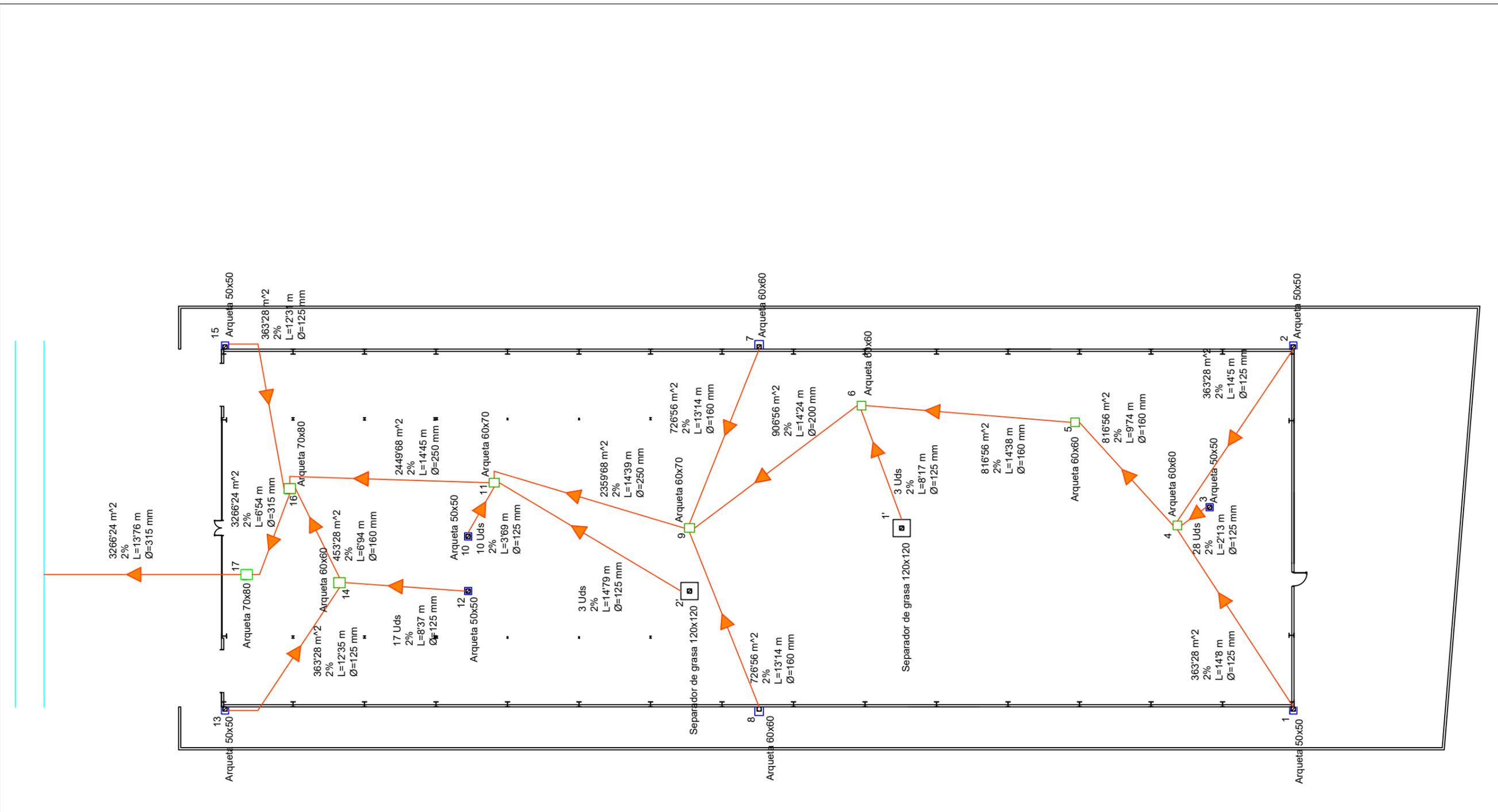
ALUMNO: Francisco Manuel García Ingelmo	TUTOR: Pedro Antonio Gómez Sánchez	FECHA: 04/09/2017	FIRMA:
UBICACIÓN: Calle Buen Alcalde, polígono industrial de Béjar, Salamanca			
PLANO: Esquema unifilar.			Nº DE PLANO: 11
ESCALA: 1:400			



LEYENDA.		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR TRABAJO DE FIN DE GRADO CURSO 2016/2017 Proyecto técnico de ejecución de edificio industrial para un concesionario y reparación de vehículos con instalaciones.			
	Válvula reductora	ALUMNO:	TUTOR:	FECHA:	FIRMA:
	Llave de toma	Francisco Manuel García Ingelmo	Pedro Antonio Gómez Sánchez	04/09/2017	
	Contador	UBICACIÓN:			
	Llave de registro	Calle Buen Alcalde, polígono industrial de Béjar, Salamanca			
	Tubería de cobre agua fría	PLANO:			
	Tubería de cobre ACS	Red de abastecimiento de agua.			
	Calentador de agua	ESCALA:			
		1:250			
		Nº DE PLANO:			
		12			



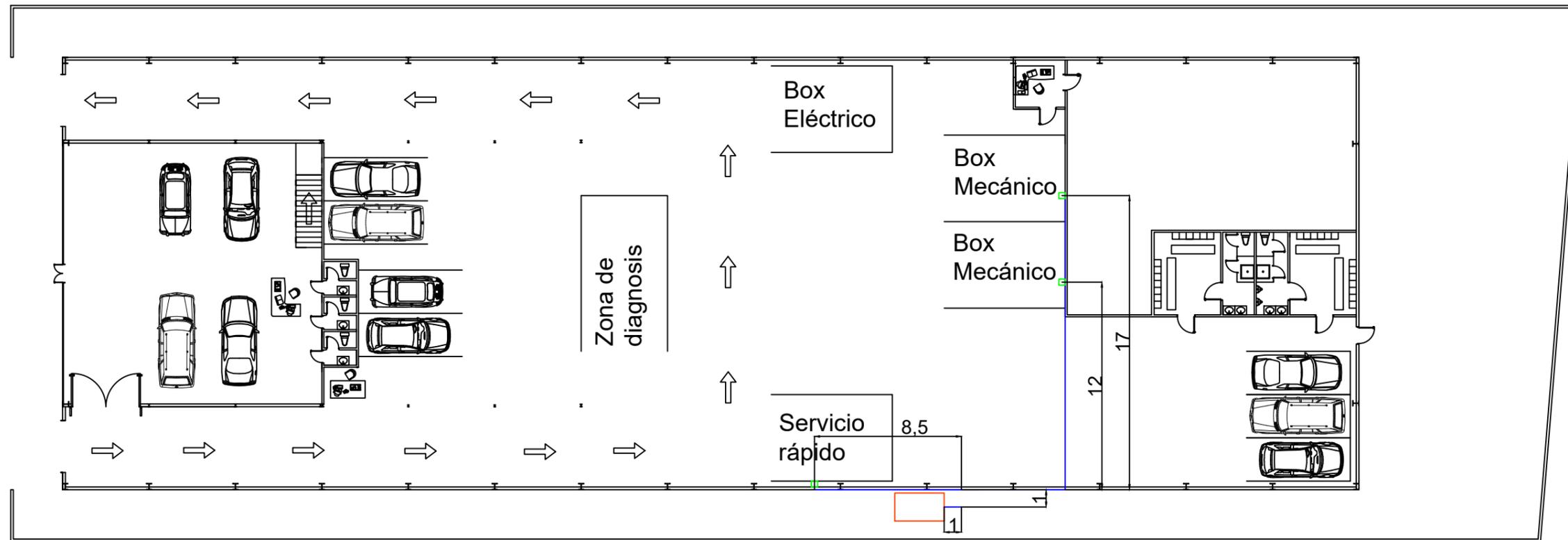
LEYENDA. Bajante de PVC Bajante de sumideros de PVC Derivaciones y manguetones de PVC Bote sifónico de PVC Canalón de PVC Recorrido del agua de lluvia		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR TRABAJO DE FIN DE GRADO CURSO 2016/2017 Proyecto técnico de ejecución de edificio industrial para un concesionario y reparación de vehículos con instalaciones.	
ALUMNO: Francisco Manuel García Ingelmo	TUTOR: Pedro Antonio Gómez Sánchez	FECHA: 04/09/2017	FIRMA:
UBICACIÓN: Calle Buen Alcalde, polígono industrial de Béjar, Salamanca			Nº DE PLANO: 13
PLANO: Red de saneamiento, aparatos sanitarios.			
ESCALA: 1:250			



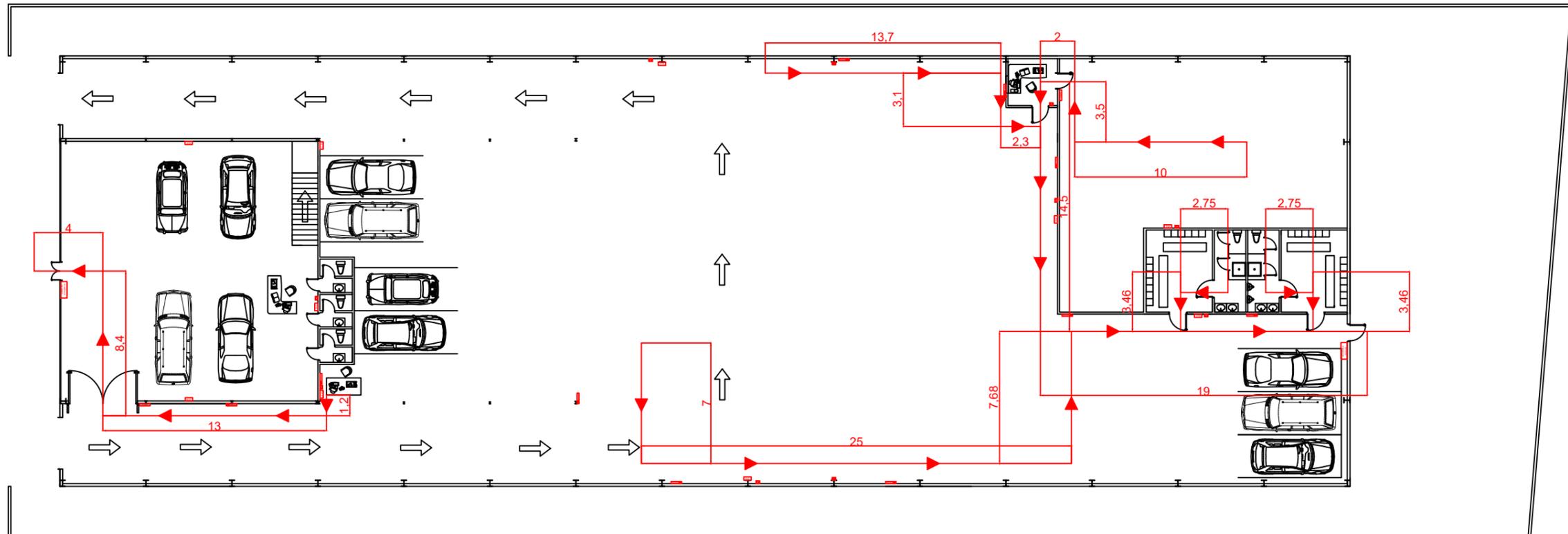
LEYENDA.

	Separador de grasas
	Arqueta de paso de fábrica
	Arqueta a pie de bajante de fábrica
	Arqueta sifónica de fábrica
	Colector de PVC
	Acometida

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR TRABAJO DE FIN DE GRADO CURSO 2016/2017 Proyecto técnico de ejecución de edificio industrial para un concesionario y reparación de vehículos con instalaciones.			
ALUMNO: Francisco Manuel García Ingelmo	TUTOR: Pedro Antonio Gómez Sánchez	FECHA: 04/09/2017	FIRMA:
UBICACIÓN: Calle Buen Alcalde, polígono industrial de Béjar, Salamanca			Nº DE PLANO: <div style="font-size: 24pt; font-weight: bold; text-align: center;">14</div>
PLANO: Red de saneamiento, arquetas y colectores.			
ESCALA: 1:250			



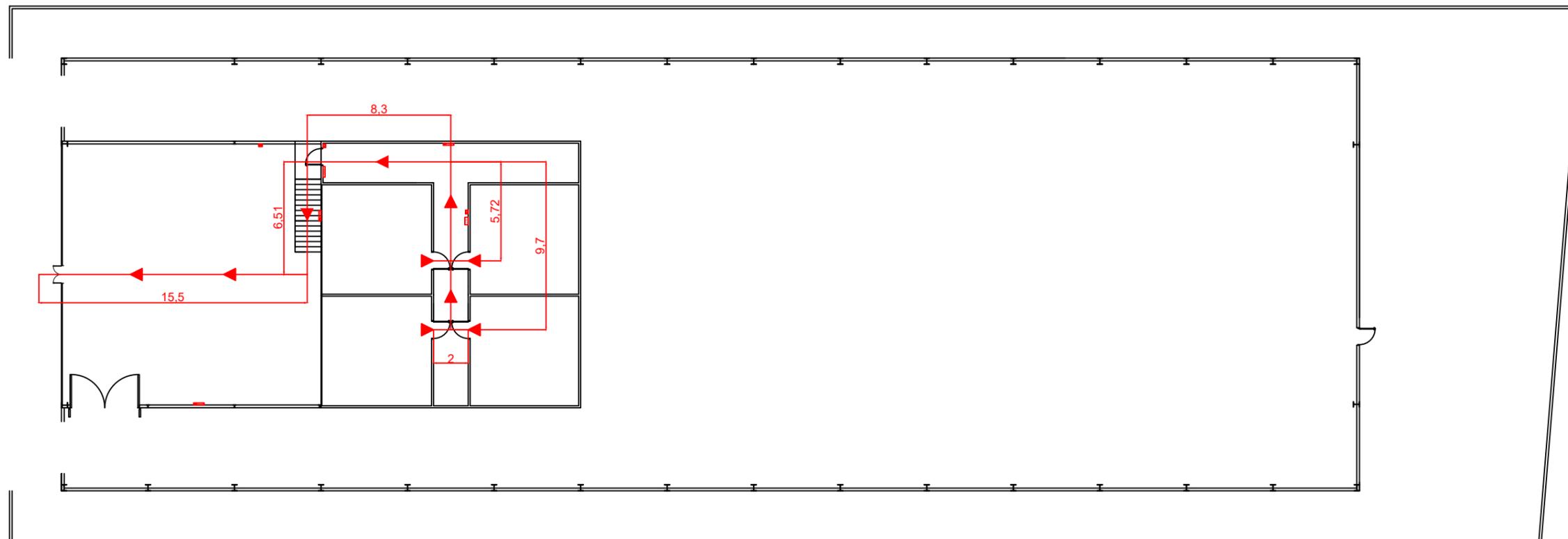
LEYENDA.  Compresor  Puntos de consumo  Tubería de aluminio		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR TRABAJO DE FIN DE GRADO CURSO 2016/2017 Proyecto técnico de ejecución de edificio industrial para un concesionario y reparación de vehículos con instalaciones.		
		ALUMNO: Francisco Manuel García Ingelmo	TUTOR: Pedro Antonio Gómez Sánchez	FECHA: 04/09/2017
UBICACIÓN: Calle Buen Alcalde, polígono industrial de Béjar, Salamanca				Nº DE PLANO: 15
PLANO: Instalación de presión.				
ESCALA: 1:250				



- LEYENDA.**
- Recorrido de evacuación**
-  Dirección y sentido del recorrido
 -  Cartel fotoluminiscente señalando la salida
 -  Cartel fotoluminiscente en la salida
- Elementos de la instalación**
-  Pulsador manual de alarma de incendios
 -  Alarma sonora de detección de incendios
 -  Extintor portátil de eficiencia 21A
 -  Extintor portátil de eficiencia 34A

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR
TRABAJO DE FIN DE GRADO CURSO 2016/2017
 Proyecto técnico de ejecución de edificio industrial para un concesionario y reparación de vehículos con instalaciones.

ALUMNO: Francisco Manuel García Ingelmo	TUTOR: Pedro Antonio Gómez Sánchez	FECHA: 04/09/2017	FIRMA:
UBICACIÓN: Calle Buen Alcalde, polígono industrial de Béjar, Salamanca			Nº DE PLANO: 16
PLANO: Protección contra incendios, planta baja.			
ESCALA: 1:250			



LEYENDA.

Recorrido de evacuación

-  Dirección y sentido del recorrido
-  Cartel fotoluminiscente señalando la salida
-  Cartel fotoluminiscente en la salida

Elementos de la instalación

-  Pulsador manual de alarma de incendios
-  Alarma sonora de detección de incendios
-  Extintor portátil de eficiencia 21A
-  Extintor portátil de eficiencia 34A

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR
TRABAJO DE FIN DE GRADO CURSO 2016/2017
 Proyecto técnico de ejecución de edificio industrial para un concesionario y reparación de vehículos con instalaciones.

ALUMNO:
Francisco Manuel García Ingelmo

TUTOR:
Pedro Antonio Gómez Sánchez

FECHA:
04/09/2017

FIRMA:

UBICACIÓN:
Calle Buen Alcalde, polígono industrial de Béjar, Salamanca

PLANO:
Protección contra incendios, primera planta.

ESCALA:
1:250

Nº DE PLANO:
17

VI. PROYECTO DE SEGURIDAD Y SALUD

ÍNDICE

1. Memoria informativa	4
1.1. Objeto del estudio de seguridad y salud	4
1.2. Datos de la obra	4
1.3. Condiciones del solar	5
1.4. Descripción del proceso constructivo	5
2. Memoria descriptiva	8
2.1. Organización de la seguridad en obra.....	8
2.2. Actuaciones previas	8
2.3. Servicios para el personal	8
2.4. Identificación de riesgos y medidas preventivas a adoptar	8
2.4.1. Durante los trabajos previos a la ejecución de la obra.....	10
2.4.2. Durante fases de ejecución de la obra.....	12
2.4.3. Durante la utilización de medios auxiliares	16
2.4.4. Durante la utilización de maquinaria y herramientas.....	20
2.4.5. Durante la utilización de medios auxiliares	27
2.4.6. Condiciones de seguridad y salud, en trabajos posteriores de reparación y mantenimiento	31

3. Pliego de condiciones.....	33
3.1. Pliego de cláusulas administrativas.....	33
3.1.1. Disposiciones generales	33
3.1.2. Disposiciones facultativas	33
3.1.3. Formación en Seguridad.....	38
3.1.4. Reconocimientos médicos	39
3.1.5. Salud e higiene en el trabajo.....	39
3.1.6. Documentación de obra	40
3.1.7. Disposiciones económicas.....	43
3.2. Pliego de condiciones técnicas particulares.....	43
3.2.1. Medios de protección colectiva	43
3.2.2. Medios de protección individual	44
3.2.3. Instalaciones provisionales de salud y confort.....	44
4. Presupuesto	48
5. Planos.....	50

1. Memoria informativa

1.1. Objeto del estudio de seguridad y salud

En este Estudio de Seguridad y Salud, se describen las medidas a adoptar destinadas a prevenir riesgos de accidentes y enfermedades profesionales que puedan ocurrir durante la ejecución de la obra. Hay que estudiar las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Se establecen unas directrices básicas, en cuanto a disposiciones mínimas de seguridad y salud, siguiendo la legislación vigente, con el fin de que el contratista cumpla con sus obligaciones en cuanto a la prevención de riesgos profesionales. Los objetivos para este Estudio de Seguridad y Salud son:

- Aplicar técnicas de ejecución que reduzcan al máximo estos riesgos
- Detectar a tiempo los riesgos que se derivan de la ejecución de la obra
- Evitar accidentes o situaciones peligrosas por improvisación o por insuficiencia o falta de medios
- Garantizar la salud e integridad física de los trabajadores
- Delimitar y esclarecer atribuciones y responsabilidades en materia de seguridad de las personas que intervienen en el proceso constructivo
- Indicar la clase de medidas de protección a emplear en función del riesgo
- Establecer los costes de las medidas de protección y prevención

1.2. Datos de la obra

El edificio industrial se situará en la parcela Nº93 de la Calle Buen Alcalde, de la fase I del Polígono Industrial de Béjar, situado al noroeste del municipio en la provincia de Salamanca.

El edificio irá destinado a la venta, reparación y mantenimiento de vehículos. El edificio además dispondrá de distintas partes, las cuales serán una zona de exposición de los vehículos, una zona de oficinas para la gestión y una zona de taller para la reparación y mantenimiento de los vehículos.

El edificio dispondrá de una planta baja y una primera planta, la cuál será solo un forjado destinado a soportar la zona de oficinas de la nave. El presupuesto de ejecución material que se estima para dicho proyecto es de 800000 € aproximadamente.

El plazo de ejecución estimado es de 90 días laborales, con 20 empleados trabajando a la vez en la obra. En las parcelas colindantes a la que se proyecta el edificio, no se haya la presencia de ninguna otra edificación.

1.3. Condiciones del solar

El acceso a la parcela donde se realizará la obra se realiza por la Calle Buen Alcalde. Se prevé la presencia de personas ajenas a la obra debido a la existencia de edificaciones industriales en las parcelas situadas enfrente.

Se señalará convenientemente el acceso a la parcela durante los períodos de en los que haya entrada y salida de vehículos. Además se tomarán las medidas necesarias establecidas por la Dirección General de Tráfico y por la Policía Local, para evitar accidentes de circulación.

Se mantendrán los bordillos y el pavimento de las aceras colindantes, tomando las medidas oportunas para provocar el mínimo deterioro posible y reponiendo las unidades que se aprecien con algún desperfecto.

El solar está prácticamente nivelado formado por arenas, limos y rocas graníticas, la cual actuará como terreno de asentamiento. El suministro de electricidad y de agua se realizarán a través de las acometidas existentes para las instalaciones de la nave.

El centro médico de asistencia más próximo es el situado a 7 km en la Calle Travesía de Santa Ana, en la localidad de Béjar. El recorrido se puede realizar en coche con un tiempo aproximado de 10 minutos.

1.4. Descripción del proceso constructivo

Se comenzará con el proceso de movimiento de tierras para poder realizar la cimentación y la nivelación de la parcela. La cimentación se realizará por medio de diferentes zapatas aisladas que estarán unidas por medio de vigas de atado.

Lo siguiente será la realización de la estructura de la nave. La estructura principal estará formada por 16 pórticos a 2 aguas con una luz de 25 metros. La altura de los pilares será de 9 metros y la altura a cumbrero será de 11 metros. Además, habrá una serie de pórticos que tendrán un pilar intermedio. Por otro lado, dentro de la nave habrá una estructura secundaria destinada a soportar el forjado de la zona de oficinas. Esta estructura

secundaria estará formada por 4 celosías de 15,4 metros de longitud y 1,5 metros de canto. Estas estarán colocadas sobre pilares de 3,2 metros de altura.

A continuación, se tendrán en cuenta la envolvente de la nave. El cerramiento exterior de la nave se realiza por medio de placas alveolares de hormigón excepto la parte de la zona de exposición de la fachada principal, la cual poseerá un cerramiento de muro cortina. Los cerramientos interiores que harán de tabiques que dividen diferentes partes de la nave serán tabiques de fábrica de ladrillo simple con un aislamiento de polietileno y con un enlucido de yeso por ambas caras de los tabiques. Sin embargo, habrá un cerramiento interior de muro cortina en la división que hay entre las oficinas del gerente y del administrador con la zona de exposición. Los falsos techos se realizarán por medio de placas de escayola y el forjado de la zona de oficinas será un forjado aligerado unidireccional de viguetas prefabricadas de hormigón y de bovedillas cerámicas con un espesor de 25 cm más 5 cm de hormigón, por lo que tendrán un canto total de 30 cm.

La cubierta de la nave será de panel sándwich con tapajuntas y de un espesor de 40 mm que irá apoyada sobre correas de perfil IPE, las cuales irán apoyadas sobre los dinteles de los pórticos y serán de dos vanos.

En la estructura se realizarán las perforaciones necesarias para los diferentes elementos de carpintería que se vayan a introducir. Las instalaciones que se realizarán en el proyecto son:

- Instalación de abastecimiento de agua: consistirá en la realización de una red de distribución de agua potable que deberá abastecer todos los puntos de consumo que se prevean en el edificio, con las condiciones de caudal y de presión necesarias.
- Instalación de saneamiento: se realizará una red de saneamiento destinada a recoger por separado las aguas residuales urbanas, las aguas residuales industriales y las aguas pluviales y canalizarlas todas hasta la acometida urbana correspondiente. En el caso de recogida de aguas residuales industriales, habrá que utilizar separadores de grasas.
- Instalación de climatización: se diseñará solo para climatizar la zona de oficinas y para ello se utilizará una bomba de calor aire-aire con 4 split, uno para cada oficina.
- Instalación de presión: se diseñara una red de suministro de aire comprimido necesario para el funcionamiento de diferente maquinaria del taller. Para ello, se utilizará un compresor, que se colocará en el lateral izquierdo de la nave e irá dentro de un habitáculo cerrado para que no esté a la intemperie. A dicho compresor se

conectara la red de suministro de aire comprimido, la cual se realizará por medio de conductos de aluminio.

- Instalación eléctrica: se realizará una acometida eléctrica que conectará el centro de transformación más cercano a la parcela con la caja de protección y medida y con el cuadro general de mando y protección de la nave. La acometida será una canalización subterránea.

Los sistemas de acabado que se aplicarán sobre el edificio están detallados en la memoria constructiva del proyecto. A falta de confirmación del Propietario, sobre la solera de la zona de taller no se dispondrá de ningún tipo de pavimento antideslizante.

En Béjar, a 4 de septiembre de 2017.

Fdo. D. Francisco Manuel García Ingelmo

2. Memoria descriptiva

2.1. Organización de la seguridad en obra

2.2. Actuaciones previas

2.3. Servicios para el personal

En el lugar de obra, se dotará a los trabajadores de una cabina de vestuarios, que dispondrá de colgadores, luz, calefacción y aseos con retretes, duchas, lavabos, agua caliente, etc.

Además, en el lugar de obra, se dispondrá de un botiquín colocado en los vestuarios que debe contener, como mínimo, lo recogido en el RD 486/1997, disposiciones mínimas de seguridad en lugares de trabajo. Estos elementos mínimos son:

- Desinfectantes y antisépticos
- Gasas estériles
- Algodón Hidrófilo
- Venda
- Esparadrapo
- Apósitos adhesivos
- Tijeras
- Pinzas Guantes desechables

2.4. Identificación de riesgos y medidas preventivas a adoptar

Existen una serie de riesgos más frecuentes que se pueden dar durante las distintas fases de la obra. Para ello, se establecen una serie de medidas preventivas y de protección colectivas a adoptar destinadas a eliminar o reducir en lo máximo posible estos riesgos frecuentes. También se dispone de equipos de protección individual (EPI) imprescindibles para mejorar las condiciones de seguridad y salud en la obra. Los riesgos más frecuentes son:

- Caída de objeto y/o materiales al mismo o a distinto nivel.
- Desprendimiento de cargas suspendida.

- Exposición a temperaturas ambientales extremas.
- Exposición a vibraciones y ruidos.
- Cortes y golpes en las extremidades o en la cabeza.
- Cortes y heridas con objetos punzantes.
- Sobreesfuerzos, movimientos repetitivos o posturas inadecuadas.
- Electrocuiones debidas a contacto directo o indirecto.
- Dermatitis por contacto con yeso, escayola, cemento, pinturas, pegamentos, etc.
- Intoxicación por inhalación de humos y gases.

Por otro lado, el listado de medidas preventivas y protecciones colectivas que se suelen utilizar son:

- La zona de trabajo deberá permanecer ordenada, limpia, libre de obstáculos y bien iluminada.
- Se colocarán carteles indicativos de las medidas de seguridad en lugares visibles de la obra.
- Se prohibirá la entrada de cualquier persona ajena a la obra.
- Los recursos preventivos de la obra tendrán presencia permanente en los trabajos con mayores riesgos, para cumplir los supuestos regulados en el Real Decreto 604/06 que exigen su presencia.
- Las operaciones con riesgos especiales se realizarán bajo la supervisión de personal cualificado, el cual estará debidamente instruido.
- En caso de tormenta o cuando llueva con intensidad o se produzca viento con velocidades superiores a los 50 km/h, se procederá a la suspensión de los trabajos.
- En caso de situaciones con temperaturas extremas, se evitará, en la medida de lo posible, la realización de los trabajos en las horas de mayor insolación.
- La carga y descarga de los materiales se realizará con precaución y cautela, preferiblemente usando medios mecánicos, para evitar movimientos bruscos que puedan provocar su caída.
- La manipulación de elementos pesados será realizada por personal cualificado, utilizando medios mecánicos que evitan la realización de sobreesfuerzos innecesarios.
- Si existen líneas eléctricas aéreas, se respetarán las distancias mínimas preventivas, según su intensidad y voltaje.
- No se realizará ningún trabajo dentro del radio de acción de las máquinas o vehículos.

- Los operarios no desarrollarán trabajos, ni permanecerán, debajo de cargas suspendidas.
- Se evitarán o reducirán al máximo los trabajos en alturas.
- Se usarán escaleras normalizadas y sujetas firmemente, para el descenso y ascenso a las zonas excavadas.
- Se protegerán por medio de barandillas o redes homologadas, los huecos horizontales y los bordes de los forjados.
- Dentro del recinto de la obra, los vehículos y máquinas circularán a una velocidad reducida, inferior a 20 km/h.

A continuación, se enumeran los diferentes tipos de equipos de protección individual que se utilizarán durante la ejecución de la obra.

- Casco de seguridad homologado
- Casco de seguridad con barboquejo
- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída
- Cinturón portaherramientas
- Guantes de goma
- Guantes de cuero
- Guantes aislantes
- Calzado con puntera reforzada
- Calzado de seguridad con suela aislante y anticlavos
- Botas de caña alta de goma
- Mascarilla con filtro mecánico para el corte de ladrillos con sierra
- Ropa de trabajo impermeable
- Faja antilumbago
- Gafas de seguridad antiimpactos
- Protectores auditivos

2.4.1. Durante los trabajos previos a la ejecución de la obra

Se indica la relación que existe entre los riesgos más frecuentes que se pueden ocasionar en los trabajos previos a la ejecución de la obra, con las medidas preventivas, protecciones colectivas y equipos de protección individual específicos, para evitar o prevenir en la medida de lo posible que se produzcan dichos riesgos.

2.4.1.1. Instalación eléctrica provisional

En dicha instalación provisional, los riesgos más frecuentes que se pueden ocasionar son:

- Electrocutaciones por contacto directo o indirecto.
- Cortes y heridas con objetos punzantes.
- Proyección de partículas en los ojos.
- Incendios.

Las medidas preventivas y protecciones colectivas que se suelen tomar, en caso de dichos riesgos, son las siguientes:

- Evitar posibles contactos eléctricos indirectos, mediante la colocación de un sistema de protección de puesta a tierra y dispositivos de corte (interruptores diferenciales).
- Se respetará una distancia mínima a las líneas de alta tensión de 6 metros para las líneas aéreas y de 2 metros para las líneas enterradas.
- Se comprobará que los trazados de la línea eléctrica y del suministro de agua no coinciden.
- Se situarán los cuadros eléctricos en lugares accesibles, dentro de cajas prefabricadas homologadas, con su toma de tierra independiente, protegidas de la intemperie y provistas de puerta, llave y visera.
- Se utilizarán solamente conducciones eléctricas antihumedad y conexiones estancas.
- En caso de colocar líneas eléctricas en zonas de paso, éstas deberán situarse a una altura mínima de 2'2 metros si se ha dispuesto de algún elemento para impedir el paso de vehículo o de 5 metros en caso contrario.
- Los cables enterrados deberán estar perfectamente señalizados y protegidos con tubos rígidos, a una profundidad superior a 0'4 metros.
- Las tomas de corriente se realizarán a través de clavijas blindadas normalizadas.
- Se prohíben tajantemente las conexiones triples (ladrones) y el uso de fusibles caseros, empleándose una toma de corriente independiente para cada aparato o herramienta.

Por último, los equipos de protección individual (EPI) que se usarán durante la realización de estos trabajos son:

- Calzado aislante para electricistas
- Guantes dieléctricos

- Banquetes aislantes de la electricidad
- Comprobadores de tensión
- Herramientas aislantes
- Ropas de trabajo impermeable
- Ropa de trabajo reflectante

2.4.1.2 Vallado de obra

Los riesgos más frecuentes que se pueden dar debido al vallado de obra son:

- Cortes y heridas con objetos punzantes.
- Proyecciones de fragmentos o de partículas.
- Exposición a temperaturas ambientales extremas.
- Exposición a vibraciones y ruidos.

Las medidas preventivas y protecciones colectivas que se tomarán ante los anteriores riesgos mencionadas se enumeran a continuación.

- Se prohibirá el aparcamiento en la zona destinada a la entrada de vehículos a la obra.
- Se retirarán los clavos y todo el material punzante resultante del vallado.
- Se localizarán las conducciones que puedan existir en la zona de trabajo, previamente a la excavación.

También, se utilizarán una serie de equipos de protección individual (EPI).

- Calzado con puntera reforzada
- Guantes de cuero
- Ropa de trabajo reflectante

2.4.2. Durante fases de ejecución de la obra

2.4.2.1. Cimentación

Los riesgos más frecuentes que se pueden producir durante la realización de los trabajos de cimentación son:

- Inundaciones o filtraciones de agua.

- Vuelcos, choques y golpes originados por la maquinaria o por vehículos.

Estos riesgos requerirán de una serie de medidas preventivas y protecciones colectivas, con el fin de evitar o prevenir en la medida de lo posible que se produzcan estos riesgos.

- Se colocarán protectores homologados en las puntas de las armaduras de espera.
- El transporte de las armaduras se realizará por medio de eslingas, enlazadas y provistas de ganchos con pestillo de seguridad.
- Se retirarán los clavos sobrantes y los materiales punzantes.

Los equipos de protección individual (EPI) que se utilizarán son:

- Guantes homologados para el trabajo con hormigón
- Guantes de cuero para la manipulación de las armaduras
- Botas de goma de caña alta para hormigonado
- Botas de seguridad con plantillas de acero y antideslizantes

2.4.2.2. Estructura

Los riesgos más frecuentes que se producen durante los trabajos relacionados con la estructura son:

- Desprendimientos de los materiales de encofrado por apilado incorrecto.
- Caída del encofrado al vacío durante las operaciones de desencofrado.
- Cortes al utilizar la sierra circular de mesa o las sierras de mano.

Las medidas preventivas y las protecciones colectivas que hay que aplicar antes estos riesgos son:

- Se deberá proteger la vía pública con una visera de protección formada por ménsula y entablado.
- Se protegerán por medio de la colocación de barandillas o redes homologadas, los huecos horizontales y los bordes de los forjados.

Mientras que los equipos de protección individual que se dispone en estos trabajos y antes los riesgos indicados son:

- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída
- Guantes homologados para el trabajo con hormigón

- Guantes de cuero para la manipulación de las armaduras
- Botas de goma de caña alta para hormigonado
- Botas de seguridad con plantillas de acero y antideslizantes

2.4.2.3. Cerramientos y revestimientos exteriores

Existen una serie de riesgos frecuentes que se pueden producir durante la realización de los trabajos relacionados con los cerramientos y los revestimientos exteriores. Estos riesgos más frecuentes son lo que se enumeran a continuación.

- Caída de objetos o materiales desde distinto nivel.
- Exposición a temperaturas ambientales extremas.
- Afecciones cutáneas por contacto con morteros, yesos, escayola o materiales aislantes.

Las medidas preventivas y protecciones colectivas a adoptar son:

- Marquesinas para proteger a los operarios de la caída de objetos.
- No retirara las barandillas antes de la ejecución del cerramiento.

Los equipos de protección individual (EPI) usados son:

- Uso de mascarillas con filtro mecánico durante el corte de ladrillos con sierra

2.4.2.4. Cubiertas

Los riesgos más frecuentes que se pueden producir a la hora de realizar los trabajos destinados a la cubierta son:

- Caída por los bordes de cubierta o deslizamiento por los faldones.

La serie de medidas preventiva y protecciones colectivas que se suelen llevar a cabo antes estos riesgos son:

- El acopio de los materiales de cubierta se realizará en zonas alejadas de los bordes o aleros, y fuera de las zonas de circulación, preferentemente sobre vigas o soportes.
- El acceso a la cubierta se realizará por medio de escaleras de mano homologadas, ubicadas en huecos protegidos y apoyadas sobre superficies horizontales, sobrepasando 1 metro la altura de desembarque.

- Se instalarán anclajes en la cumbrera para amarrar los cables y/o cinturones de seguridad.

Por último, los equipos de protección individual (EPI) que se utilizarán antes estos riesgos son:

- Calzado con suela antideslizante
- Ropa de trabajo impermeable
- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída

2.4.2.5. Compartimentación

Los riesgos más frecuentes que se dan a la hora de realizar estos trabajos son:

- Caída de objetos y/o materiales al mismo o a distinto nivel.
- Exposición a vibraciones y ruidos.
- Cortes y golpes en la cabeza y en las extremidades.
- Cortes y heridas con objetos punzantes.
- Sobreesfuerzos, movimientos repetitivos o posturas inadecuadas.
- Dermatitis por contacto con yesos, escayola, cemento, pinturas etc.

Las medidas preventivas y protecciones colectivas que se aplicarán antes estos riesgos son:

- Se evitarán o reducirán al máximo los trabajos en alturas.
- Se usarán escaleras normalizadas, sujetas firmemente, para el descenso y ascenso a las zonas excavadas.
- El acopio de los materiales de cubierta se realizará en zonas alejadas de los bordes o aleros, y fuera de las zonas de circulación, preferentemente sobre vigas o soportes.
- Se protegerán por medio de la colocación de barandillas o redes homologadas, los huecos horizontales y los bordes de los forjados.

Por otro lado, los equipos de protección individual (EPI) que se utilizarán son:

- Casco de seguridad homologado
- Cinturón portaherramientas
- Guantes de cuero
- Calzado con puntera reforzada
- Mascarilla con filtro mecánico durante el corte de ladrillos con sierra

- Faja antilumbago
- Gafas de seguridad antiimpactos
- Protectores auditivos

2.4.2.6. Instalaciones en general

En las instalaciones se suelen dar una serie de riesgos más frecuentes que son:

- Electrocuaciones por contacto directo o indirecto.
- Quemaduras producidas por descargas eléctricas.
- Intoxicación por vapores procedentes de la soldadura.
- Incendios y explosiones.

Las medidas preventivas y protecciones colectivas que se aplicarán para evitar o prevenir en la medida de lo posible estos riesgos serán las enumeradas a continuación.

- El personal que realiza trabajos en instalaciones estará formado y adiestrado en el uso de material de seguridad y de equipos y herramientas específicas para cada labor.
- Se utilizarán lámparas portátiles homologadas, con manguera antihumedad y clavija de conexión normalizada, alimentadas a 24 voltios.
- Las herramientas portátiles que se utilizarán llevan doble aislamiento.

Así mismo, los equipos de protección individuales (EPI) necesarios para contrarrestar estos riesgos son:

- Guantes aislantes en pruebas de tensión
- Calzado con suela aislante antes contactos eléctricos
- Banquetas aislantes de la electricidad
- Comprobadores de tensión
- Herramientas aislantes

2.4.3. Durante la utilización de medios auxiliares

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) y la Ordenanza de Trabajo en la Construcción, Vidrio y Cerámica (Orden de 28 de Agosto de 1970), prestando sobretodo atención a la Sección 3ª “Seguridad en el trabajo en las industrias de la Construcción y Obras Públicas” Subsección 2ª “Andamios en general” serán las normativas que habrá que

tener en cuenta para la prevención de los riesgos derivados del uso de los medios auxiliares de la obra.

Bajo ningún concepto se admitirá la utilización de andamios y escaleras de manos que no estén normalizados y cumplan con la normativa vigente. En el caso de plataformas de descarga de materiales, sólo se utilizarán modelos normalizados que dispongan de barandillas homologadas y enganches para cinturón de seguridad, entre otros elementos.

Las relaciones existentes entre los medios auxiliares previstos en la obra con sus respectivas medidas preventivas y protecciones colectivas son las recogidas en los siguientes apartados.

2.4.3.1. Puntales

- No se retirarán los puntales, ni se modificará su disposición una vez hayan entrado en carga, respetándose el período estricto de desencofrado.
- Los puntales no podrán estar dispersos por la obra, evitando su apoyo en posición inclinada sobre los paramentos verticales, acopiándose siempre cuando dejen de utilizarse.
- Los mecanismos de extensión estarán bloqueados en los puntales telescópicos cuando estos se transportan.

2.4.3.2. Torre de hormigonado

- Ha de colocarse, en un lugar visible al pie de la torre de hormigonado, un cartel que indique "Prohibido el acceso a toda persona no autorizada".
- Las torres de hormigonado permanecerán protegidas perimetralmente mediante barandillas homologadas, con rodapié, con una altura igual o superior a 0'9 metros.
- Durante los cambios de posición de las torres de hormigonado, no se permitirá la presencia de objetos ni de personas.
- En los hormigonados de los pilares de esquina, las torres de hormigonado se situarán con la cara de trabajo situada perpendicularmente a la diagonal interna del pilar, logrando así la posición más segura y eficaz.

2.4.3.3. Escalera de mano

- Habrá que revisar de manera periódica el estado de conservación de las escaleras.

- Se dispondrán zapatas antideslizantes o elementos de fijación en la parte superior o inferior de los largueros.
- Se transportarán con el extremo delantero elevado, para evitar golpes a otros objetos o a personas.
- Sobre las superficies horizontales se apoyarán, con la planeidad adecuada para que sean estables e inmóviles, prohibiendo el uso de cuñas de cascotes, ladrillos, bovedillas o elementos similares.
- Los travesaños estarán en posición horizontal y la inclinación de la escalera será inferior al 75% respecto al plano horizontal.
- El extremo superior de la escalera deberá sobresalir 1 metro de la altura de desembarque, medido en la dirección horizontal.
- El operario deberá realizar el ascenso y el descenso por la escalera en posición frontal (mirando los peldaños), sujetándose firmemente con las dos manos en los peldaños, no en los largueros.
- Se evitará el ascenso o descenso simultáneo de dos o más personas.
- Si el trabajo sobre la escalera se realiza en alturas superiores a 3'5 metros, se usará siempre el cinturón de seguridad con dispositivo anticaída.

2.4.3.4. Visera de protección

- La visera sobre el acceso a obra se construirá por personal cualificado, con la suficiente resistencia y estabilidad, evitando los riesgos más frecuentes.
- Los soportes de la visera se apoyarán sobre durmientes perfectamente nivelados.
- Los elementos que posean algún fallo técnico o mal comportamiento se desmontarán de forma inmediata para que se reparen o se sustituyan.

2.4.3.5. Andamios de borriquetas

- Se apoyarán sobre superficies firmes, estables y niveladas.
- Se empleará un mínimo de dos borriquetas para la formación de andamios, quedando prohibido como apoyo el uso de bidones, ladrillos, bovedillas u otros objetos.
- Las plataformas de trabajo estarán perfectamente ancladas a las borriquetas.
- Queda totalmente prohibido instalar un andamio de borriquetas encima de otro.

2.4.3.6. Plataforma de descarga

- Se utilizarán plataformas homologadas, no admitiéndose su construcción “in situ”.
- La plataforma tendrá unas características resistentes adecuadas a las cargas que ha de soportar, disponiendo de un cartel indicativo de la carga máxima de la plataforma.
- Dispondrá de un mecanismo de protección frontal cuando no esté en uso, para que este perfectamente protegido el frente de descarga.
- La superficie de la plataforma será de material antideslizante.
- Se conservará en perfecto estado de mantenimiento, realizándose inspecciones en la fase de instalación y cada 6 meses.

2.4.3.7. Plataforma suspendida

- Antes de iniciar cualquier actividad en el andamio, es necesario realizar una inspección, prestando especial atención a los cables, mecanismos de elevación, pescantes y puntos de amarre.
- Se verificará que la separación entre el paramento vertical de trabajo y la cara del andamio será inferior a 0'3 metros y que las pasarelas permanezcan niveladas.
- No se utilizarán pasarelas de tablonés entre las plataformas de los andamios colgantes.
- Se usará el cinturón de seguridad con dispositivo anticaída, asegurándolo a la línea de vida independiente.
- No se llevarán a cabo trabajos en la vertical de la plataforma de andamio colgantes.

2.4.3.8. Plataforma motorizada

- Los elementos que muestren algún fallo técnico o mal comportamiento se desmontarán de forma inmediata para que se reparen o se sustituyan.
- Se balizará la zona situada bajo el andamio de cremallera para evitar el acceso a la zona de riesgo.
- Habrá que cumplir las indicaciones del fabricante en cuanto a la carga máxima.
- No se permitirán construcciones auxiliares realizadas in situ para alcanzar zonas alejadas.

2.4.3.9. Andamio multidireccional

- Solamente bajo la supervisión y dirección de una persona cualificada, se podrán montar, desmontar y modificar los andamios.
- Se cumplirán las condiciones generales respecto a materiales, estabilidad, resistencia y seguridad y las referentes a su tipología en particular, siguiendo la normativa vigente en materia de andamios.
- Habrá que seguir las indicaciones de fabricante a la hora de montar y desmontar.
- Las dimensiones de las plataformas del andamio, así como su forma y disposición, serán adecuadas para el trabajo y las cargas previstas, con holgura suficiente para permitir la circulación con seguridad.

2.4.4. Durante la utilización de maquinaria y herramientas

Para el control y la reducción de riesgos debidos al uso de maquinaria y herramientas durante la ejecución de la obra, las medidas preventivas a adoptar y las protecciones a emplear se desarrollarán en el Plan de Seguridad y Salud, siguiendo los siguientes criterios:

- a) Todas las máquinas y herramientas que se utilizarán en la obra llevarán un manual de instrucciones, en el cual se especificarán claramente los riesgos que entrañan para los trabajadores y los procedimientos para su uso con la debida seguridad.
- b) La maquinaria cumplirá las prescripciones contenidas en el vigente Reglamento de Seguridad en las Máquinas, las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) y las especificaciones de los fabricantes.
- c) No se aceptará la utilización de ninguna máquina, mecanismo o artefacto mecánico sin reglamentación específica.

Existe una serie de relaciones de máquinas y herramientas que se utilizarán en la obra, con sus correspondientes medidas preventivas y protecciones colectivas se especificarán en los siguientes apartados.

2.4.4.1. Pala cargadora

- Para realizar las tareas de mantenimiento, se apoyará la cuchara en el suelo, se preparará el motor, se conectará el freno de estacionamiento y se bloqueará la máquina.
- Quedará prohibido el uso de la cuchara como grúa o medio de transporte.

- La extracción de tierras se efectuará en posición frontal a la pendiente.
- El transporte de tierras se efectuará con la cuchara en la posición más baja posible, garantizando la estabilidad de la pala.

2.4.4.2. Retroexcavadora

- Para realizar las tareas de mantenimiento, se apoyará la cuchara en el suelo, se preparará el motor, se conectará el freno de estacionamiento y se bloqueará la máquina.
- Quedará prohibido el uso de la cuchara como grúa o medio de transporte.
- Los desplazamientos de la retroexcavadora se realizarán con la cuchara apoyada sobre la máquina en el sentido de la marcha.
- Los cambios de posición de la cuchara en superficies inclinadas se realizarán por la zona de mayor altura.
- Estará prohibida la realización de trabajos dentro del radio de acción de la máquina.

2.4.4.3. Camión de caja basculante

- Un señalista de tráfico dará las indicaciones durante las maniobras del camión.
- Se comprobará que el freno de mano está activado antes de la puesta en marcha del motor, al abandonar el vehículo y durante las operaciones de carga y descarga.
- No se circulará con la caja izada después de la descarga.

2.4.4.4. Camión para transporte

- Un señalista de tráfico dará las indicaciones durante las maniobras del camión.
- Las cargas se repartirán uniformemente en la caja, evitando acopios con pendientes superiores al 5% y protegiendo los materiales sueltos con una lona.
- Habrá que colocar el freno en posición de frenado y, en caso de estar situado en pendiente, calzos de inmovilización debajo de las ruedas, antes de realizar cualquier operación de carga y descarga.
- Durante las operaciones de carga y descarga, se evitarán movimientos bruscos que provoquen la pérdida de la estabilidad, estando siempre el conductor fuera de la cabina.

2.4.4.5. Camión grúa

- El conductor accederá y descenderá del vehículo con el motor apagado, en posición frontal, evitando saltar al suelo y haciendo uso de los peldaños y asideros.
- Se prestará especial atención a no sobrepasar la carga máxima indicada por el fabricante.
- La cabina debe disponer de botiquín de primeros auxilios y de extintor timbrado y revisado.
- Los vehículos dispondrán de bocina de retroceso.
- Habrá que asegurarse que el freno de mano está activado antes de la puesta en marcha del motor, al abandonar el vehículo y durante las operaciones de elevación.
- La elevación se realizará evitando operaciones bruscas, que puedan provocar la pérdida de estabilidad de la carga.

2.4.4.6. Montacargas

- Será examinado y probado antes de su puesta en servicio, quedando este acto debidamente documentado.
- Se realizará una inspección diaria de los cables, los frenos, los dispositivos eléctricos y las puertas de acceso al montacargas.
- Se prohibirá la acumulación de materiales en las proximidades de los accesos a la plataforma.
- Se prohibirá asomarse al hueco del montacargas y posicionarse sobre la plataforma para retirar la carga.
- El cuadro de maniobras deberá estar situado a una distancia mínima de 3 metros de la base del montacargas y permanecerá cerrado con llave.
- Se instalarán topes de fin de recorrido en la parte superior del montacargas.
- La plataforma estará dotada de un dispositivo limitador de carga, indicándose mediante un cartel la carga máxima admisible en la plataforma, la cual no podrá ser superada.
- La carga se repartirá uniformemente sobre la plataforma, no sobresaliendo en ningún caso por los laterales de la misma.
- Quedará prohibido el transporte de personas y el uso de las plataformas como andamios para realizar cualquier trabajo.
- La parte inferior de la plataforma tendrá una barra antiobstáculos, que provocará la parada del montacargas ante la presencia de cualquier obstáculo.

- Llevará incorporado un dispositivo paracaídas, que provocará la parada de la plataforma en caso de rotura del cable de suspensión.
- Ante la posible caída de objetos de niveles superiores, se colocará una cubierta resistente sobre la plataforma y sobre el acceso a la misma en planta baja.
- Los huecos de acceso a la planta deberán estar protegidos mediante cancelas, que estarán asociadas a dispositivos electromecánicos que impedirán su apertura si la plataforma no se encuentra en la misma planta y el desplazamiento de la plataforma si no están todas cerradas.

2.4.4.7. Hormigonera

- Las operaciones de mantenimiento serán realizadas por personal especializado, previa desconexión de la energía eléctrica.
- La hormigonera tendrá un grado de protección IP-55.
- Su uso estará limitado únicamente a personas autorizadas.
- Dispondrá de freno de basculamiento del bombo.
- Los conductos de alimentación eléctrica de la hormigonera estarán conectados a tierra, asociados a un disyuntor diferencial.
- Todas las partes móviles del aparato deberán estar protegidas por medio de carcasas conectadas a tierra.
- No se situarán a distancias inferiores a 3 metros de los borde de la excavación y/o de los bordes de los forjados.

2.4.4.8 Vibrador

- La operación de vibrado se realizará siempre desde una posición estable.
- La manguera de alimentación desde el cuadro eléctrico estará protegida cuando discurra por zonas de paso.
- El cable de alimentación y su conexión al transformador deben estar en perfectas condiciones de estanqueidad y aislamiento.
- Los operarios no realizarán el arrastre del cable de alimentación colocándolo alrededor del cuerpo. Si fuese necesario, esta operación se efectuará entre dos operarios.
- El vibrado del hormigón se realizará desde plataformas de trabajo seguras, no permaneciendo en ningún momento el operario sobre el encofrado ni sobre elementos inestables.

- Nunca se dejará el vibrador en funcionamiento, ni se desplazará tirando de los cables.
- Para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo, el valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de 8 horas, no superará $2'5 \text{ m/s}^2$, siendo el valor límite de 5 m/s^2 .

2.4.4.9. Martillo picador

- Las mangueras de aire comprimido estarán situadas de formas que no se dificulte ni el trabajo ni el paso de los operarios o del personal.
- No se realizarán ni esfuerzos de palanca ni operaciones similares con el martillo en marcha.
- Habrá que verificar el perfecto estado de los acoplamientos de las mangueras.
- Se cerrará el paso del aire antes de desarmar un martillo.

2.4.4.10. Maquinillo

- Se utilizará únicamente por la persona que está autorizada.
- El trabajador que utilizará el maquinillo deberá estar debidamente formado en su uso y manejo, conocerá el contenido del manual de instrucciones, las correctas medidas preventivas a adoptar y el uso de los EPI necesarios.
- Antes de que se comience cualquier trabajo, se comprobará el estado de accesorios de seguridad, del cable de suspensión de cargas y de las eslingas.
- Se comprobará la existencia del limitador de recorrido que impide el choque de la carga contra el extremo superior de la pluma.
- Se dispondrá del marcado CE, de la declaración de conformidad y del manual de instrucciones emitido por el fabricante.
- Quedará claramente visible el cartel que indica el peso máximo a elevar.
- Se acotará la zona de la obra en la que exista el riesgo de caída de los materiales transportados por el maquinillo.
- Se revisará diariamente el cable, siendo obligatorio su sustitución cuando el número de hilos rotos sea igual o superior al 10% del total.
- El manual del fabricante indicará el modo en que se realizará el anclaje del manquillo.
- El arriostramiento no se realizará con bidones llenos de agua, de arena u de otro material.

- El fabricante establecerá el mantenimiento que habrá que realizar.

2.4.4.11. Sierra circular

- Se destinará únicamente al corte de elementos o piezas de la obra.
- Para el corte de materiales cerámicos o pétreos se emplearán discos abrasivos y para elementos de madera discos de sierra.
- Existirá un interruptor de parada cerca de la zona de mando.
- La zona de trabajo deberá estar limpia de serrín y de virutas, con el fin de evitar posibles incendios.
- Las piezas a serrar no contendrán clavos ni otros elementos metálicos.
- El trabajo con el disco agresivo se efectuará en húmedo.
- No se usará la sierra circular sin la protección de prendas adecuadas, tales como mascarillas antipolvo y gafas.

2.4.4.12. Sierra circular de mesa

- Se utilizará únicamente por la persona autorizada para usarla.
- El trabajador que utilizará dicha sierra estará debidamente formado en su uso y manejo, conocerá el contenido del manual de instrucciones, las correctas medidas preventivas a adoptar y el uso de los EPI necesarios.
- Se ubicarán en un lugar apropiado, sobre superficies firmes y secas, a distancias superiores a 3 metros del borde de los forjados, excepto que éstos estén debidamente protegidos por redes, barandillas o petos de remate.
- En los casos en que se superen los valores de exposición al ruido indicados en el artículo 51 del Real Decreto 286/06 de protección de los trabajadores frente al ruido, se establecerán las acciones correctivas oportunas, tales como el empleo de protectores auditivos.
- La sierra estará totalmente protegida por la parte inferior de la mesa, de manera que no se pueda acceder al disco.
- La parte superior de la sierra deberá disponer de una carcasa metálica que impida el acceso al disco de la sierra, salvo por el punto de introducción del elemento a cortar, y la proyección de partículas.
- Se utilizará siempre un empujador para guiar el elemento a cortar, de manera que en ningún caso la mano este expuesta al disco de la sierra.

- La instalación eléctrica de la máquina estará siempre en perfecto estado y condiciones, comprobándose periódicamente el cableado, las clavijas y la toma de tierra.
- Las piezas a serrar no contendrán clavos ni cualquier otro elemento metálico.
- El operario se colocará a sotavento del disco, impidiendo la inhalación de polvo.

2.4.4.13. Cortadora de material cerámico

- Antes de que se comience cualquier trabajo, se comprobará el estado del disco. Si estuviese desgatado o resquebrajado se sustituirá inmediatamente.
- La protección del disco y de la transmisión estará activada en todo momento.
- No se presionará contra el disco la pieza a cortar para evitar el bloqueo.

2.4.4.14. Equipo de soldadura

- No se colocarán materiales inflamables ni explosivos a menos de 10 metros de la zona de trabajo de soldadura.
- Antes de soldar, habrá que eliminar las pinturas y recubrimientos del soporte.
- Durante los trabajos con soldadura, se dispondrá siempre de un extintor de polvo químico en perfecto estado y condiciones de uso, en un lugar próximo y accesible.
- En los locales en los que no se garantice una correcta renovación del aire, se instalarán extractores, preferiblemente de sistemas de aspiración localizada.
- En caso de que haya personas bajo el área de trabajo donde se realizar una soldadura a una cierta altura, estos trabajos de soldadura serán paralizados.
- Tanto los soldadores como los trabajadores que se encuentren en las inmediaciones, deberán disponer de protección visual adecuada, evitando en cualquier caso tener los ojos al descubierto.

2.4.4.15. Herramientas manuales diversas

- La alimentación de las herramientas se realizará a 24 V cuando se trabaje en ambientes húmedos o las herramientas no dispongan de doble aislamiento.
- El acceso a las herramientas y su uso estará permitido exclusivamente a las personas que estén autorizadas.
- No se quitarán de las herramientas, las protecciones que ha diseñado el fabricante.

- Se prohibirá, durante los trabajos con herramientas, el uso de pulseras, relojes, cadenas y elementos similares.
- Las herramientas eléctricas dispondrán de doble aislamiento o se conectarán a tierra.
- En las herramientas de corte, se protegerá el disco con una carcasa antiproyección.
- Las conexiones eléctricas a través de clemas se protegerán con carcasas anticontactos eléctricos.
- Las herramientas se conservarán en perfecto estado de uso, con los mangos sin grietas y limpios de residuos, manteniendo su carácter aislante para los trabajos eléctricos.
- Cuando no se estén usando, las máquinas eléctricas estarán apagadas y se prohíbe su uso con las manos o los pies mojados.
- En los casos en que se superen los valores de exposición al ruido indicado en el artículo 51 del Real Decreto 286/06 de protección de los trabajadores frente al ruido, se establecerán las acciones correctivas oportunas, tales como el empleo de protectores auditivos.

2.4.5. Durante la utilización de medios auxiliares

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) y la Ordenanza de Trabajo en la Construcción, Vidrio y Cerámica (Orden de 28 de Agosto de 1970), prestando sobretodo atención a la Sección 3ª “Seguridad en el trabajo en las industrias de la Construcción y Obras Públicas” Subsección 2ª “Andamios en general” serán las normativas que habrá que tener en cuenta para la prevención de los riesgos derivados del uso de los medios auxiliares de la obra.

Bajo ningún concepto se admitirá la utilización de andamios y escaleras de manos que no estén normalizados y cumplan con la normativa vigente. En el caso de plataformas de descarga de materiales, sólo se utilizarán modelos normalizados que dispongan de barandillas homologadas y enganches para cinturón de seguridad, entre otros elementos.

Las relaciones existentes entre los medios auxiliares previstos en la obra con sus respectivas medidas preventivas y protecciones colectivas son las recogidas en los siguientes apartados.

2.4.5.1. Puntales

- No se retirarán los puntales, ni se modificará su disposición una vez hayan entrado en carga, respetándose el período estricto de desencofrado.
- Los puntales no podrán estar dispersos por la obra, evitando su apoyo en posición inclinada sobre los paramentos verticales, acopiándose siempre cuando dejen de utilizarse.
- Los mecanismos de extensión estarán bloqueados en los puntales telescópicos cuando estos se transportan.

2.4.5.2. Torre de hormigonado

- Ha de colocarse, en un lugar visible al pie de la torre de hormigonado, un cartel que indique “Prohibido el acceso a toda persona no autorizada”.
- Las torres de hormigonado permanecerán protegidas perimetralmente mediante barandillas homologadas, con rodapié, con una altura igual o superior a 0’9 metros.
- Durante los cambios de posición de las torres de hormigonado, no se permitirá la presencia de objetos ni de personas.
- En los hormigonados de los pilares de esquina, las torres de hormigonado se situarán con la cara de trabajo situada perpendicularmente a la diagonal interna del pilar, logrando así la posición más segura y eficaz.

2.4.5.3. Escalera de mano

- Habrá que revisar de manera periódica el estado de conservación de las escaleras.
- Se dispondrán zapatas antideslizantes o elementos de fijación en la parte superior o inferior de los largueros.
- Se transportarán con el extremo delantero elevado, para evitar golpes a otros objetos o a personas.
- Sobre las superficies horizontales se apoyarán, con la planeidad adecuada para que sean estables e inmóviles, prohibiendo el uso de cuñas de cascotes, ladrillos, bovedillas o elementos similares.
- Los travesaños estarán en posición horizontal y la inclinación de la escalera será inferior al 75% respecto al plano horizontal.
- El extremo superior de la escalera deberá sobresalir 1 metro de la altura de desembarque, medido en la dirección horizontal.

- El operario deberá realizar el ascenso y el descenso por la escalera en posición frontal (mirando los peldaños), sujetándose firmemente con las dos manos en los peldaños, no en los largueros.
- Se evitará el ascenso o descenso simultáneo de dos o más personas.
- Si el trabajo sobre la escalera se realiza en alturas superiores a 3'5 metros, se usará siempre el cinturón de seguridad con dispositivo anticaída.

2.4.5.4. Visera de protección

- La visera sobre el acceso a obra se construirá por personal cualificado, con la suficiente resistencia y estabilidad, evitando los riesgos más frecuentes.
- Los soportes de la visera se apoyarán sobre durmientes perfectamente nivelados.
- Los elementos que posean algún fallo técnico o mal comportamiento se desmontarán de forma inmediata para que se reparen o se sustituyan.

2.4.5.5. Andamios de borriquetas

- Se apoyarán sobre superficies firmes, estables y niveladas.
- Se empleará un mínimo de dos borriquetas para la formación de andamios, quedando prohibido como apoyo el uso de bidones, ladrillos, bovedillas u otros objetos.
- Las plataformas de trabajo estarán perfectamente ancladas a las borriquetas.
- Queda totalmente prohibido instalar un andamio de borriquetas encima de otro.

2.4.5.6. Plataforma de descarga

- Se utilizarán plataformas homologadas, no admitiéndose su construcción "in situ".
- La plataforma tendrá unas características resistentes adecuadas a las cargas que ha de soportar, disponiendo de un cartel indicativo de la carga máxima de la plataforma.
- Dispondrá de un mecanismo de protección frontal cuando no esté en uso, para que este perfectamente protegido el frente de descarga.
- La superficie de la plataforma será de material antideslizante.
- Se conservará en perfecto estado de mantenimiento, realizándose inspecciones en la fase de instalación y cada 6 meses.

2.4.5.7. Plataforma suspendida

- Antes de iniciar cualquier actividad en el andamio, es necesario realizar una inspección, prestando especial atención a los cables, mecanismos de elevación, pescantes y puntos de amarre.
- Se verificará que la separación entre el paramento vertical de trabajo y la cara del andamio será inferior a 0'3 metros y que las pasarelas permanezcan niveladas.
- No se utilizarán pasarelas de tablones entre las plataformas de los andamios colgantes.
- Se usará el cinturón de seguridad con dispositivo anticaída, asegurándolo a la línea de vida independiente.
- No se llevarán a cabo trabajos en la vertical de la plataforma de andamio colgantes.

2.4.5.8. Plataforma motorizada

- Los elementos que muestren algún fallo técnico o mal comportamiento se desmontarán de forma inmediata para que se reparen o se sustituyan.
- Se balizará la zona situada bajo el andamio de cremallera para evitar el acceso a la zona de riesgo.
- Habrá que cumplir las indicaciones del fabricante en cuanto a la carga máxima.
- No se permitirán construcciones auxiliares realizadas in situ para alcanzar zonas alejadas.

2.4.5.9. Andamio multidireccional

- Solamente bajo la supervisión y dirección de una persona cualificada, se podrán montar, desmontar y modificar los andamios.
- Se cumplirán las condiciones generales respecto a materiales, estabilidad, resistencia y seguridad y las referentes a su tipología en particular, siguiendo la normativa vigente en materia de andamios.
- Habrá que seguir las indicaciones de fabricante a la hora de montar y desmontar.
- Las dimensiones de las plataformas del andamio, así como su forma y disposición, serán adecuadas para el trabajo y las cargas previstas, con holgura suficiente para permitir la circulación con seguridad.

2.4.6. Condiciones de seguridad y salud, en trabajos posteriores de reparación y mantenimiento

Para realizar, en debidas condiciones de seguridad y salud, futuros trabajos de conservación, reparación y mantenimiento del edificio construido que producen mayores riesgos, hay que recurrir a la información que se proporciona a continuación en este apartado.

➤ **Trabajos en cerramientos exteriores y cubiertas**

En trabajos de cerramientos, aleros de cubierta, revestimientos de paramentos exteriores o cualquier otro que se efectúe con riesgo de caída en altura, se utilizarán andamios que cumplan las condiciones especificadas en este Estudios de Seguridad y Salud.

Durante la realización de trabajos que puedan afectar a la vía pública, se colocará una visera de protección a la altura de la primera planta, de manera que proteja a los transeúntes y a los vehículos de las posibles caídas de objetos.

➤ **Trabajos en instalaciones**

Los trabajos correspondientes a las instalaciones de fontanería, eléctrica y de gas, se realizará por personal cualificado, cumpliendo las especificaciones que se hayan establecido en el Plan de Seguridad y Salud, así como lo que este establecido en la normativa vigente en cada materia.

Antes de la ejecución de cualquier trabajo de reparación o de mantenimiento de los ascensores y montacargas, tendrá que elaborarse el Plan de Seguridad suscrito por un técnico competente en la materia.

➤ **Trabajos con pinturas y barnices**

En los casos en que se trabaje con pinturas u otros materiales cuya inhalación resultase tóxica, tendrán que hacerse en un lugar con la ventilación suficiente y que dispong de los elementos de protección adecuados.

En Béjar, a 4 de septiembre de 2017.

Fdo. D. Francisco Manuel García Ingelmo

3. Pliego de condiciones

3.1. Pliego de cláusulas administrativas

3.1.1. Disposiciones generales

3.1.1.1. Objeto del pliego de condiciones

Tanto el presente Pliego de Condiciones como el correspondiente Pliego del Proyecto que se ejecuta, tienen por objeto definir las atribuciones y obligaciones de los agentes que intervendrán en materia de Seguridad y Salud, así como las condiciones que deberán cumplir las medidas preventivas, las protecciones individuales y colectivas de la construcción de la obra “Proyecto técnico de ejecución de edificio industrial para un concesionario y reparación de vehículos con instalaciones”, ubicada en la Calle Buen Alcalde, Nº93, del Polígono Industrial de Béjar, en la provincia de Salamanca, según el proyecto redactado por Francisco Manuel García Ingelmo. Todo ello con el objetivo de evitar cualquier accidente o enfermedad profesional, que pudiesen ocasionarse durante la ejecución de la obra o en futuros trabajos de conservación, reparación y mantenimiento.

3.1.2. Disposiciones facultativas

3.1.2.1. Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación

La Ley 38/99, de Ordenación de la Edificación (LOE) es la ley que regula las atribuciones y las obligaciones que le corresponden a los distintos agentes intervinientes en la edificación.

La Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) y el Real Decreto 1627/1997 “Disposiciones mínimas de Seguridad y de Salud en las obras de construcción” son las normativas que establecen las garantías y responsabilidades de los agentes y trabajadores de la obra frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo en materia de Seguridad y Salud.

3.1.2.2. El promotor

Se define como la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Bajo su responsabilidad está la de contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud- o Estudio Básico, en su caso- al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el R.D, 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las obras de construcción, facilitando copias a los Contratistas, Subcontratistas o Trabajadores Autónomos contratados directamente por el Promotor, exigiendo la presentación de cada Plan de Seguridad y Salud previamente al comienzo de las obras.

El Promotor tendrá la consideración de Contratista cuando realice la totalidad o determinadas partes de la obra con medios humanos y recursos propios, o en el caso de contratar directamente a trabajadores autónomos para su realización o para trabajos parciales de la misma, excepto en los casos estipulados en el Real Decreto 1627/1997.

3.1.2.3. El Projectista

Se define como el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Tendrá en consideración en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto básico y de ejecución, los principios y criterios generales de prevención en materia de Seguridad y Salud, de acuerdo con la legislación vigente.

3.1.2.4. El Contratista y Subcontratista

Siguiendo lo establecido en el artículo 2 del Real Decreto 1627/1997:

El Contratista se define como la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el Promotor, con medios humanos y materiales propios o ajenos, el compromiso de ejecutar la totalidad o parte de las obras, con sujeción al proyecto y al contrato.

Por otro lado, el Subcontratista se define como la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el Contratista, empresario principal, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra, con sujeción al proyecto por el que se rige su ejecución.

El Contratista comunicará a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el artículo 7 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre.

Tomará todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos Laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, cumpliendo las órdenes efectuadas por el coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra.

Supervisará de manera continuada, el cumplimiento de las normas de seguridad, vigilando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran incumplir las condiciones básicas de Seguridad personales o generales, por no encontrarse en las condiciones adecuadas.

Aportará la información suficiente al coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, donde se acredite la estructura organizativa de la empresa, sus responsabilidades, funciones, procesos, procedimientos y recursos materiales y humanos disponibles, con el fin de garantizar una adecuada acción preventiva de riesgos de la obra.

Entre las responsabilidades y obligaciones del Contratista y de los Subcontratistas en materia de Seguridad y Salud, cabría destacar las que están contenidas en el artículo 11 "Obligaciones de los Contratistas y Subcontratistas" del Real Decreto 1627/1997.

- Aplicarán los principios de la acción preventiva que se recogen en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL).
- Cumplirán y harán cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.
- Cumplirán la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta, en su caso, las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales previstas en la Ley, durante la ejecución de la obra.
- Informarán y proporcionarán las instrucciones adecuadas y precisas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo referente a su Seguridad y Salud en la obra.
- Atenderán las indicaciones y consignas del coordinador en materia de Seguridad y Salud, cumpliendo estrictamente sus instrucciones durante la ejecución de la obra.

- Responderán de la correcta ejecución de las medidas preventivas fijadas en el Plan de Seguridad y Salud en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados.
- Responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan.
- Las responsabilidades de los coordinadores, de la Dirección Facultativa y del Promotor, no eximirán de sus responsabilidades a los Contratistas y a los Subcontratistas.

3.1.2.5. Dirección Facultativa

El artículo 2 del Real Decreto 1627/1997 define que:

La Dirección Facultativa es el técnico o los técnicos competentes designados por el Promotor, encargados de la dirección y del control de la ejecución de la obra.

Las responsabilidades de la Dirección Facultativa y del Promotor, no eximen en ningún caso de las que se atribuyen a los Contratistas y a los Subcontratistas.

3.1.2.6. Coordinador de Seguridad y Salud en el Proyecto

Se define como el técnico competente designado por el Promotor para coordinar, durante la fase del proyecto de ejecución, la aplicación de los principios y criterios generales de prevención en materia de Seguridad y Salud.

3.1.2.7. Coordinador de Seguridad y Salud en la Ejecución

Se define como el técnico competente designado por el Promotor durante la ejecución de la obra, que forma parte de la Dirección Facultativa. Las tareas y responsabilidades que tendrá que asumir son las que están asociadas a las siguientes funciones:

- Coordinará la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad, tomando las decisiones técnicas y de organización, con el objetivo de planificar las distintas tareas o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente, estimando la duración requerida para la ejecución de las mismas.
- Coordinará las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos, apliquen de manera

coherente y responsable de los principios de la acción preventiva recogidos en la legislación vigente.

- Aprobará el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el Contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizará la coordinación de actividades empresariales previstas en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL).
- Coordinará las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptará las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La Dirección Facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de un coordinador.

3.1.2.8. Trabajadores Autónomos

Se define como la persona física, distinta del Contratista y Subcontratista, que realiza de forma personal y directa una actividad, sin sujeción a un contrato de trabajo y que asume contractualmente ante el promotor, el contratista o el subcontratista, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra.

En el caso de que el Autónomo emplee en la obra a trabajadores por cuenta ajena, tendrá la consideración de Contratista o Subcontratista. Los Trabajadores Autónomos cumplirán lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

3.1.2.9. Trabajadores por cuenta ajena

Los Contratistas y los Subcontratistas serán los encargados de que los trabajadores reciban una información adecuada acerca de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y a su salud en la obra.

La consulta y la participación de los trabajadores o de sus representantes se realizarán de conformidad con lo dispuesto en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL).

El Contratista facilitará a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo una copia del Plan de Seguridad y Salud y de sus posibles modificaciones.

3.1.2.10. Fabricantes y suministradores de equipos de protección y materiales de construcción

Los fabricantes, importadores y suministradores de maquinaria, equipos, productos y útiles de trabajo, deberán suministrar la información que indique la forma correcta de uso por los trabajadores, las medidas preventivas adicionales que deban tomarse y los riesgos laborales que conlleven tanto su uso normal como su manipulación o empleo inadecuado.

3.1.2.11. Recursos preventivos

Siguiendo lo establecido en la Ley 31/95, Ley 54/03 y el Real Decreto 604/06 y con el fin de ejercer las labores de recurso preventivo, el empresario designará para la obra los recursos preventivos, que podrían ser:

- Uno o varios trabajadores designados por la empresa.
- Uno o varios miembros del servicio de prevención propio de la empresa.
- Uno o varios miembros del servicio o los servicios de prevención ajenos.

Las personas encargadas de esta vigilancia deberán dar las instrucciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas. En caso de detectar un deficiente cumplimiento de las mismas o una ausencia, insuficiencia o falta de adecuación de las mismas, se informará al empresario para que adopte las medidas oportunas para su corrección, notificándose a su vez al Coordinador de Seguridad y Salud y al resto de la Dirección Facultativa.

En el Plan de Seguridad y Salud se indicarán los casos en los que la presencia de los recursos preventivos será necesaria, especificándose expresamente el nombre de la persona o personas designadas para tal fin, concretando las tareas en las que inicialmente se prevé necesaria su presencia.

3.1.3. Formación en Seguridad

Con el objetivo de que todo el personal que acceda a la obra disponga de la suficiente información en materias preventivas de Seguridad y Salud, la empresa se encargará de su formación para la adecuada prevención de riesgos y el correcto uso de las protecciones colectivas e individuales. Esta formación deberá aplicarse a todos los niveles de la empresa, desde los directivos hasta los trabajadores no cualificados, incluyendo técnicos, encargados, especialistas y operadores de máquinas entre otros.

3.1.4. Reconocimientos médicos

La vigilancia del estado de la salud de los trabajadores quedará garantizada por la empresa contratista, en función de los riesgos inherentes al trabajo asignado y en los casos establecidos por la legislación vigente.

La vigilancia será voluntaria, excepto cuando la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre su salud, o para verificar que su estado de salud no supone un peligro para otras personas o para el mismo trabajador.

3.1.5. Salud e higiene en el trabajo

3.1.5.1. *Primero auxilios*

El empresario será el encargado de seleccionar al personal encargado de la adopción de las medidas necesarias en caso de accidente, con el fin de garantizar la prestación de los primeros auxilios y la evacuación del accidentado.

Se dispondrá, en un lugar visible de la obra y accesible a los operarios, un botiquín perfectamente equipado con material sanitario destinado a primeros auxilios. El Contratista se encargará de instalar rótulos con caracteres legibles hasta una distancia de 2 metros, en el que se suministre a los trabajadores y participantes en la obra la información necesaria para establecer rápidamente el contacto con el centro asistencial más próximo.

3.1.5.2. *Actuación en caso de accidente*

En caso de accidente, se aplicarán únicamente las medidas indispensables hasta que llegue la asistencia médica, para que el accidentado pueda ser trasladado con rapidez y sin riesgo. En ningún caso se le moverá, excepto cuando sea imprescindible para su integridad.

Se comprobarán sus signos vitales (consciencia, respiración, pulso y presión sanguínea), se le intentará tranquilizar, y se le cubrirá con una manta para mantener su temperatura corporal.

No se le suministrará agua, bebida o medicamento alguno y, en caso de hemorragia, se presionará la herida con gasas limpias. El empresario notificará el accidente por escrito a la autoridad laboral, conforme al procedimiento reglamentario.

3.1.6. Documentación de obra

3.1.6.1. Estudios Básico de Seguridad y Salud

Se define como el documento elaborado por el técnico competente designado por el Promotor, donde se precisan las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello.

Incluirá también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de Seguridad y Salud, los previsibles trabajos posteriores.

3.1.6.2. Plan de Seguridad y Salud

En aplicación del presente Estudio Básico de Seguridad y Salud, cada Contratista deberá elaborar su correspondiente Plan de Seguridad y Salud en el trabajo en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en el presente estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dicho Plan se deberá incluir, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el Contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no supondrán disminución de los niveles de protección previstos en este estudio básico.

El Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra será el encargado de aprobar el Plan de Seguridad y Salud antes del inicio de la obra. El Plan de Seguridad y Salud podrá ser modificado por el Contratista en función del proceso de ejecución de la obra, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir durante el desarrollo de la misma, siempre con la aprobación expresa del Coordinador de Seguridad y Salud y la Dirección Facultativa.

Tanto los encargados de ejecutar la obra, como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención de las empresas que intervienen en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de formas razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. A tal efecto, el Plan de Seguridad y Salud estará en la obra a disposición permanente de estos y de la Dirección Facultativa.

3.1.6.3. Acta de aprobación del plan

El encargado de aprobar el Plan de Seguridad y Salud realizado por el Contratista será el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, por la Dirección

Facultativa o por la Administración en el caso de que sea una obra pública, quien tendrá que emitir un acta de aprobación que haga de documento acreditativo de dicha operación, visado por el Colegio Profesional correspondiente.

3.1.6.4. Comunicación de apertura de centro de trabajo

La comunicación de apertura del centro de trabajo a la autoridad laboral competente será previa al comienzo de los trabajos y se presentará exclusivamente por los empresarios que tengan la consideración de contratistas.

La comunicación contendrá los datos de la empresa, del centro de trabajo y de producción y/o almacenamiento del centro de trabajo. Incluirá, además, el Plan de Seguridad y Salud.

3.1.6.5. Libro de Incidencias

Con motivos de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud, en cada centro de trabajo habrá un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado para dicho efecto.

Se facilitará por el Colegio Profesional que vise el acta de aprobación del plan o la oficina de supervisión de proyecto y órgano equivalente cuando se trate de obras de las administraciones públicas.

El libro de incidencias deberá mantenerse siempre en la obra, en poder del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, teniendo acceso a él la Dirección Facultativa de la obra, los Contratistas y Subcontratistas y los Trabajadores Autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de Seguridad y Salud en el trabajo de las Administraciones Públicas competente, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra notificará al Contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste, sobre las anotaciones efectuadas en el libro de incidencias.

Si se realizara alguna anotación debida a cualquier incumplimiento de las advertencias u observaciones anteriores, se llevará una copia a la Inspección de Trabajo y

Seguridad Social en el plazo de 24 horas. En todo caso, se deberá especificar si la anotación se trata de una nueva observación o supone una reiteración de una advertencia u observación de la anterior.

3.1.6.6. Libro de órdenes

En la obra existirá un libro de órdenes y asistencias, sobre el cuál, la Dirección Facultativa anotará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

Estas anotaciones tendrán rango de órdenes o comentarios necesarios de ejecución de obra y, en consecuencia, serán respetadas por el Contratista de la obra.

3.1.6.7. Libro de visitas

Estará siempre en obra y a disposición permanente de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.

El primer libro será habilitado por el Jefe de la Inspección de la provincia en que se encuentre la obra. Para habilitar el segundo y los siguientes, será necesario presentar el anterior. En caso de pérdida o destrucción, el representante legal de la empresa deberá justificar por escrito los motivos y las pruebas. Agotado el libro, se conservará durante 5 años, empezando a contar desde la última diligencia.

3.1.6.8. Libro de subcontratación

El Contratista dispondrá de un libro de subcontrataciones, que permanecerá en todo momento en la obra, recogiendo por orden cronológico desde el comienzo de los trabajos, todas y cada una de las subcontrataciones realizadas en una determinada obra con empresas subcontratistas y trabajadores autónomos.

El libro de subcontrataciones cumplirá las prescripciones contenidas en el Real Decreto 1109/2007, de 24 de Agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006 de 18 de Octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción, en particular el artículo 15 “Contenido del Libro de Subcontratación” y el artículo 16 “Obligaciones y derechos relativos al Libro de Subcontratación”.

Tendrán acceso a dicho libro el Promotor, la Dirección Facultativa, el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, las empresas y Trabajadores Autónomos intervinientes en la obra, los técnicos de prevención, los delegados de prevención, la autoridad laboral y los representantes de los trabajadores de las diferentes empresas que intervendrán en la ejecución de la obra.

3.1.7. Disposiciones económicas

El marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra, se fija en el Pliego de Condiciones del Proyecto o en el correspondiente contrato de obra entre el Promotor y el Contratista, debiendo contener al menos los puntos siguientes:

- Fianzas
- De los precios
 - Precio básico
 - Precio unitario
 - Presupuesto de Ejecución Material (PEM)
 - Precios contradictorios
 - Reclamación de aumento de precios
 - Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios
 - De la revisión de los precios contratados
 - Acopio de materiales
 - Obras por administración
- Valoración y abono de los trabajos
- Indemnizaciones mutuas
- Retenciones en concepto de garantía
- Plazos de ejecución y plan de obra
- Liquidación económica de las obras
- Liquidación final de la obra

3.2. Pliego de condiciones técnicas particulares

3.2.1. Medios de protección colectiva

Estos medios se situarán según las especificaciones del Plan de Seguridad y Salud antes de iniciar el trabajo en el que se requieran, no suponiendo un riesgo en sí mismos.

Se repondrán siempre que estén deteriorados, al final del período de su vida útil, después de estar sometidos a solicitaciones límite, o cuando sus tolerancias sean superiores a la admisibles y aconsejadas por el fabricante.

Cada semana, se vigilará su mantenimiento por medio del Delegado de Prevención.

3.2.2. Medios de protección individual

Deberán disponer del marcado CE, que irán inscritos en el propio equipo, en el embalaje y en el folleto informativo. Serán ergonómicos y no provocarán molestias innecesarias. No supondrán un riesgo en si mismos y no perderán su seguridad de forma involuntaria.

El fabricante los suministrará junto con un folleto informativo en el que se encontrarán las instrucciones de uso y mantenimiento, nombre y dirección del fabricante, grado o clase de protección, accesorios que pueda llevar y las características de las piezas de repuesto, límite de uso, plazo de vida útil y controles a los que se ha sometido. Su redacción será de forma comprensible y, en el caso de equipos de importación, deberán estar traducidos a la lengua oficial.

Su suministro será gratuito por parte del empresario y se sustituirán siempre que estén deteriorados, al final del período de su vida útil o después de estar sometido a solicitaciones límite. Su uso será personal y para los usos propuestos por el fabricante, supervisando su mantenimiento por el Delegado de Prevención.

3.2.3. Instalaciones provisionales de salud y confort

Los locales destinados a instalaciones provisionales de salud y confort tendrán una temperatura, iluminación, ventilación y condiciones de humedad adecuadas para su uso. Los revestimientos de suelos, paredes y techos serán continuos, lisos e impermeables, acabados preferentemente con colores claros y con material que permitirá la limpieza con desinfectantes o antisépticos.

El Contratista mantendrá las instalaciones en perfectas condiciones sanitarias (limpieza diaria), estarán provistas de agua corriente, fría y caliente, y dotadas de los complementos necesarios para higiene personal (jabón, toallas y recipientes desechos).

3.2.3.1. Vestuarios

Tendrán un fácil acceso, si situarán próximos al área de trabajo y tendrán asientos y taquillas independientes bajo llave, con espacio suficiente para guardar la ropa y el calzado.

Dispondrá de una superficie mínima de 2 m² por cada trabajador destinada a vestuarios con una altura mínima de 2'3 metros. Cuando no se disponga de vestuarios, se habilitará una zona para dejar la ropa y los objetos personales bajo llave.

3.2.3.2. Aseos y duchas

Estarán junto a los vestuarios y dispondrán de instalación de agua fría y caliente, ubicando al menos una cuarta parte de los grifos en cabinas individuales con puerta con cierre interior. Las cabinas deberán tener una superficie mínima de 2 m² y una altura mínima de 2'3 metros. La dotación mínima prevista para los aseos será de:

- 1 ducha por cada 10 trabajadores o fracción que trabajen en la misma jornada
- 1 retrete por cada 25 hombres o fracción y 1 por cada 15 mujeres o fracción
- 1 lavabo por cada retrete
- 1 urinario por cada 25 hombres o fracción
- 1 secamanos de celulosa o eléctrico por cada lavabo
- 1 jabonera para recogida de celulosa sanitaria
- 1 recipiente para recogida de celulosa sanitaria
- 1 portarrollos con papel higiénico por cada inodoro

3.2.3.3. Retretes

Serán de fácil acceso y estarán situados cerca del área de trabajo. Se ubicarán preferentemente en cabinas de dimensiones mínimas 1'2x1 metros con altura de 2'3 metros sin visibilidad desde el exterior y provistas de percha y puerta con cierre interior.

Poseerán ventilación al exterior, pudiendo no tener techo si comunican con aseos o pasillos con ventilación exterior, evitando cualquier comunicación con comedores, cocinas, dormitorios o vestuarios.

Su descarga de agua corriente será automática y en el caso de que no puedan conectarse a la red de alcantarillados se dispondrá de letrinas sanitarias o fosas sépticas.

3.2.3.4. Comedor y cocina

Los locales que serán destinados a comedor y cocina deberán incorporar mesas, sillas de material lavable y vajilla, y dispondrán de calefacción en invierno. Estarán separados de las áreas de trabajo y de cualquier fuente de contaminación ambiental.

En el caso de que los trabajadores lleven su comida, deberán disponer de calentaplatos, prohibiéndose fuera de los lugares previstos la preparación de la comida mediante fuego, brasas o barbacoas.

La superficie para la zona de comedor y cocina será como mínimo de 2 m² por cada operario que utilice la instalación.

En Béjar, a 4 de septiembre de 2017.

Fdo. D. Francisco Manuel García Ingelmo

4. Presupuesto

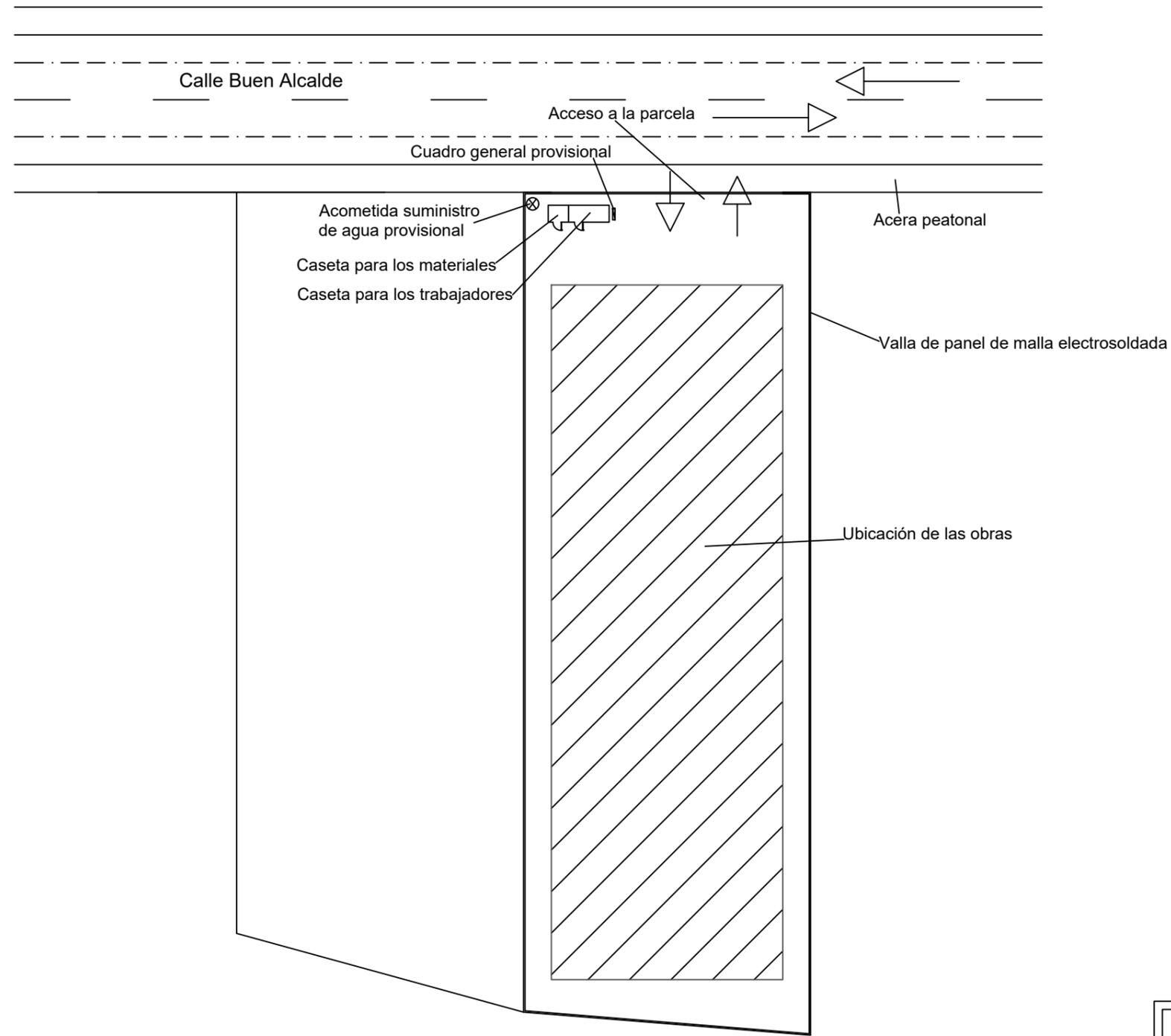
Capítulo		ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD			
Partida	m	Valla trasladable de 3,50x2,00 m, formada por panel de malla electrosoldada de 200x100 mm de paso de malla y postes verticales de 40 mm de diámetro, acabado galvanizado, colocados sobre bases prefabricadas de hormigón, para delimitación provisional de zona de obras, con malla de ocultación colocada sobre la valla. Amortizables las vallas en 5 usos y las bases en 5 usos.	239,0	7,28	1.739,9
Partida	Ud	Botiquín de urgencia en caseta de obra.	3,0	103,62	310,86
Partida	Ud	Casco contra golpes, amortizable en 10 usos.	20,0	0,24	4,80
Partida	Ud	Par de guantes contra riesgos mecánicos amortizable en 4 usos.	20,0	3,51	70,20
Partida	Ud	Juego de orejeras, estándar, con atenuación acústica de 15 dB, amortizable en 10 usos.	10,0	1,04	10,40
Partida	Ud	Par de zapatos de seguridad, con resistencia al deslizamiento, con código de designación SB, amortizable en 2 usos.	20,0	19,73	394,60
Partida	Ud	Mono de protección, amortizable en 5 usos.	20,0	8,16	163,20
Partida	Ud	Cartel general indicativo de riesgos, de PVC serigrafiado, de 990x670 mm, amortizable en 3 usos, fijado con bridas.	4,0	6,57	26,28
CAP					2.720,3

En Béjar, a 4 de septiembre de 2017.

Fdo. D. Francisco Manuel García Ingelmo

5. Planos

- Plano de Estudio de seguridad y salud



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE BÉJAR TRABAJO DE FIN DE GRADO CURSO 2016/2017 Proyecto técnico de ejecución de edificio industrial para un concesionario y reparación de vehículos con instalaciones.			
ALUMNO: Francisco Manuel García Ingelmo	TUTOR: Pedro Antonio Gómez Sánchez	FECHA: 04/09/2017	FIRMA:
UBICACIÓN: Calle Buen Alcalde, polígono industrial de Béjar, Salamanca			
PLANO: Seguridad y Salud			Nº DE PLANO: 18
ESCALA: 1/500			