



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA TORRE METÁLICA AUTOSOPORTADA DE TELECOMUNICACIONES EN PATERNA (VALENCIA)

AUTOR: FÉLIX ACEBEDO FRANCO

TUTOR: ANTONIO JOSÉ JIMÉNEZ MOCHOLÍ

COTUTOR: JOSE MIGUEL MOLINES CANO

Curso Académico: 2018-19



AGRADECIMIENTOS

Quiero aprovechar la ocasión para agradecer el apoyo de mis tutores, Antonio José Jiménez Mocholí y Jose Miguel Molines Cano. Además, me gustaría agradecerle a Fernando Giménez Palomares toda la ayuda prestada a la hora de trabajar con Matlab.

Asimismo, no puedo olvidar en este momento a mi familia. Personas increíbles que me han acompañado y animado durante estos cuatro años.

Finalmente, también me gustaría acordarme de mis compañeros y compañeras del grado. Son personas maravillosas y han hecho de estos cuatro años una experiencia única.

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objeto el diseño y cálculo de una torre metálica autosoportada de telecomunicaciones. Se trata de una estructura singular constituida por barras, con geometría de hiperboloide, planta circular y 30 metros de altura. Dicha estructura está ubicada en la localidad de Paterna (Valencia). El trabajo se completa con el cálculo de la cimentación, el presupuesto y planos necesarios.

Se aplican las normativas vigentes: Código Técnico de la Edificación, Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08 y el Eurocódigo 1.4: Acciones en Estructuras. Acciones de Viento.

En el trabajo se ponen en práctica los conocimientos adquiridos en asignaturas como: Resistencia y Elasticidad de los Materiales, Estructuras, Tecnología de la Construcción, Proyectos, Expresión Gráfica e Ingeniería Gráfica del grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales.

PALABRAS CLAVE: Torre Autosoportada; Cálculo Estructural; Estructura Hiperboloide; Simulación por Ordenador.

RESUM

El present projecte té com a objecte el disseny i càlcul d'una torre metàl·lica autosuportada de telecomunicacions. Es tracta d'una estructura singular, constituïda per barres, amb geometria de hiperboloïde, planta circular i 30 metres d'altura. L'estructura es troba a la localitat de Paterna (València). El treball es completa amb el càlcul de la cimentació, el presupost i els plànols necessaris.

El projecte es du a terme sota la normativa vigent del Codi Tècnic de l'Edificació, les normes de la Instrucció de Formigó Estructural EHE-08 i el Eurocodi 1.4: Accions en Estructures. Accions de Vent.

A més, en la realització d'aquest projecte es posa en pràctica els coneixements adquirits en assignatures del Grau de Enginyeria en Tecnologies Industrials com: Resistència i Elasticitat dels Materials, Estructures, Tecnologia de la Construcció, Expressió Gràfica, Projectes i Enginyeria Gràfica.

PARAULES CLAU: Torre Autosuportada; Càlcul Estructural; Estructura Hiperboloïde; Simulació per Ordinador.

ABSTRACT

The objective of this project is the design of a self-supporting steel telecommunications tower. It is a singular structure constituted by frames, with hyperboloid geometry, circular plants and 30 meters high. This structure is located in the town of Paterna (Valencia). The project is completed with the calculation of the foundation, the budget and the required plans, as well as the calculation of the electrical installation.

The project follows the Technical Code of Edification rules, the Instructions of Structural Concrete (EHE-08) and Eurocode 1.4: Actions on structures. Wind Actions.

During the project, we will put into practice the knowledge acquired in subjects during the Industrial Technologies degree, such as Strength and Elasticity of Materials, Structures, Construction Technologies and Graphic Engineering.

KEY WORDS: Self-supporting Tower; Structural Calculation; Hyperboloid Structure; Computer Simulation.

Índice de la Memoria

MEMORIA	19
1. Introducción	21
Antecedentes	21
1.1. Objetivo del proyecto	21
1.2. Justificación del proyecto	21
1.3. Motivaciones del proyecto	21
Estado del arte	22
1.4. Torres de Telecomunicaciones. Evolución histórica.	22
1.5. Tipos de Torres de Telecomunicaciones	23
1.6. Aspectos técnicos a considerar en las Torres de Telecomunicaciones.....	26
1.7. Diseño elegido para la Torre objeto de estudio	28
1.7.1. Introducción a las Superficies Regladas	29
1.7.2. Hiperboloide de una hoja	30
1.7.3. Parametrizaciones.....	30
1.8. Procedimiento de diseño. Implementación en Matlab.	31
1.9. Ubicación del proyecto	36
2. Cálculo Estructural.....	37
2.1. Materiales empleados	37
2.2. Perfiles utilizados.....	37
2.3. Acciones	38
2.4. Combinaciones	58
2.5. Comprobaciones.....	59
2.5.1. Estados Límite Últimos	59
2.5.1.1. Estado Límite Último de Resistencia	60
2.5.1.2. Estado Límite Último de Pandeo.....	62
2.5.2. Estados Límite de Servicio	68
2.5.2.1. Criterio de Apariencia.....	68
2.5.2.2. Criterio de Integridad	69
2.6. Reducción de peso de la estructura.....	71
2.6.1. Comprobación Estado Límite Último de Resistencia	72
2.6.2. Comprobación Estado Límite Último de Pandeo	73
2.6.3. Comprobación Estado Límite de Servicio. Criterio de Apariencia	75
2.6.4. Comprobación Estado Límite de Servicio. Criterio de Integridad.....	76
2.7. Cimentación	77

2.7.1.	Estados Límites Últimos	77
2.7.1.1.	Comprobación Estado Límite Último de Vuelco	78
2.7.1.2.	Verificación de la Resistencia.....	81
2.7.1.2.1.	Comprobación del Estado Límite Último de Deslizamiento	81
2.7.1.2.2.	Comprobación del Estado Límite Último de Hundimiento	82
2.8.	Placa de anclaje	83
2.8.1.	Apoyo de la placa	84
2.8.2.	Determinación del modelo mecánico	84
2.8.3.	Comprobaciones	86
2.8.3.1.	Estado Límite Último de Agotamiento del Apoyo.....	86
2.8.3.2.	Estado Límite Último de Agotamiento de los Pernos.....	87
2.8.3.3.	Estado Límite Último de Anclaje de los pernos	87
3.	Resumen y Conclusión.....	90
Presupuesto		91
4.	Presupuestos parciales	93
4.1.	Resumen del presupuesto.....	99
4.	Bibliografía.....	100
5.	Software utilizado	100
Planos		101

Índice de Tablas

Tabla 1 Características del acero S275JR	37
Tabla 2 Perfiles utilizados	37
Tabla 3 Peso propio de la estructura	38
Tabla 4 Valores característicos de las Sobrecargas de Uso (Fuente: CTE DB SE-AE)	39
Tabla 5 Categorías del terreno y parámetros del terreno (Fuente: Eurocódigo 1, tabla 4.1, pag.27)	42
Tabla 6 Valores del factor de rugosidad para cada tramo de la torre	43
Tabla 7 Valores obtenidos para la velocidad media del viento en cada tramo de torre	43
Tabla 8 Valores del factor de exposición C_{ez}	45
Tabla 9 Valores de la presión q_{pz} correspondiente a la velocidad de pico para cada tramo de la torre	45
Tabla 10 Valores de la velocidad de pico del viento $v(ze)$ sobre la estructura	46
Tabla 11 Valores del número de Reynolds correspondientes a cada tramo de la torre	47
Tabla 12 Valores típicos de la distribución de presiones en cilindros circulares para diferentes rangos del número de Reynolds (Fuente: Eurocódigo 1, tabla 7.12, pag.77)	48
Tabla 13 Valores de $C_p, 0$ para los números de Reynolds límite	48
Tabla 14 Valores de los parámetros representativos de cada tramo	49
Tabla 15 Valores de $C_p, 0$ para los tramos 1, 2, 3, 4 y 5	49
Tabla 16 Valores de $C_p, 0$ para los tramos 6, 7, 8, 9 y 10	50
Tabla 17 Valores del área global (A_c), de la suma de las áreas de los elementos proyectados (A) y del factor de solidez (φ)	51
Tabla 18 Valores de esbeltez λ para cada tramo	52
Tabla 19 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia	53
Tabla 20 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia	53
Tabla 21 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia	54
Tabla 22 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia	54
Tabla 23 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia	55
Tabla 24 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia	55
Tabla 25 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia	56
Tabla 26 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia	56
Tabla 27 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia	57
Tabla 28 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia	57
Tabla 29 Combinaciones realizadas para cada criterio	58
Tabla 30 Clasificación de secciones transversales solicitadas por momentos flectores (Fuente: CTE, Figura 5.1, pag.307)	59
Tabla 31 Cálculo de la tensión equivalente de Von Mises	61
Tabla 32 Localización del máximo valor de tensión equivalente de Von Mises σ_{eq} y por consiguiente del elemento más desfavorable	61
Tabla 33 Valores obtenidos de SAP2000 para cada barra	61
Tabla 34 Términos de comprobación, según peor clase de sección en la pieza (Fuente: CTE, tabla 6.12, pag.339)	63
Tabla 35 Curva de pandeo en función de la sección transversal (Fuente: CTE, tabla 6.1, pag.325)	64
Tabla 36 Valores de α dependiendo de la curva de pandeo (Fuente: Apuntes de Tecnología de la Construcción)	64

Tabla 37 Coeficientes de interacción según peor clase de sección en la pieza (Fuente: CTE, tabla 6.13, pag.340).....	65
Tabla 38 Coeficientes del momento equivalente (Fuente: CTE, tabla 6.14, pag.341)	66
Tabla 39 Valores de esbeltez y de esbeltez reducida para las barras más desfavorables de cada familia	66
Tabla 40 Valores del coeficiente de pandeo para las diferentes barras estudiadas	67
Tabla 41 Valores de los factores de momento flector uniforme equivalente cm, y, cm, z , de los coeficientes ky, kz y de $\alpha y, \alpha z$	67
Tabla 42 Valores de los coeficientes relacionados con el pandeo lateral	67
Tabla 43 Comprobaciones del ELU de Pandeo	68
Tabla 44 Valores de los desplazamientos relativos en los nudos más desfavorables de cada tramo	69
Tabla 45 Comprobación del ELS según el Criterio de Apariencia	69
Tabla 46 Valores del desplazamiento relativo del nudo más desfavorable de cada tramo	70
Tabla 47 Comprobación del ELS de Deformación según el Criterio de Integridad.....	71
Tabla 48 Propiedades del nuevo perfil utilizado ($\emptyset 100. 4$).....	71
Tabla 49 Peso de la estructura de acero utilizando un perfil de acero del tipo $\emptyset 100. 6$	72
Tabla 50 Peso de la estructura de acero utilizando un perfil del tipo $\emptyset 100. 4$	72
Tabla 51 Valor de las fuerzas obtenidas de SAP2000 para las barras más desfavorables de cada familia	73
Tabla 52 Valor de la tensión equivalente de Von Mises para la barra más desfavorable de cada familia	73
Tabla 53 Comprobación ELU de Resistencia	73
Tabla 54 Valores de la esbeltez, la esbeltez límite y la esbeltez reducida.....	74
Tabla 55 Valores de los coeficientes de pandeo χy y χz	74
Tabla 56 Valores del resto de parámetros para el cálculo del ELU de Pandeo	74
Tabla 57 Coeficientes de pandeo lateral.....	74
Tabla 58 Comprobación ELU de Pandeo	75
Tabla 59 Valores de los desplazamientos relativos en los nudos más desfavorables de cada tramo	75
Tabla 60 Comprobación ELS de Deformación según el Criterio de Apariencia	76
Tabla 61 Valores del desplazamiento relativo del nudo más desfavorable de cada tramo	76
Tabla 62 Comprobación del ELS de Deformación según el Criterio de Integridad.....	77
Tabla 63 Coeficientes de seguridad parciales (Fuente: CTE DB-C).....	78
Tabla 64 Dimensiones de la zapata	79
Tabla 65 Valor de las reacciones obtenidas directamente de SAP2000	79
Tabla 66 Posición de los apoyos sobre la zapata	80
Tabla 67 Valores de momento resultante (MR), momento torsor (MT) y axil (N) en el centro de gravedad diferenciando el origen de estos	80
Tabla 68 Acciones según eje de actuación en el centro de gravedad de la zapata.....	80
Tabla 69 Esfuerzos en la parte inferior de la zapata	80
Tabla 70 Comprobación ELU Vuelco	81
Tabla 71 Comprobación ELU de Deslizamiento.....	82
Tabla 72 Comprobación ELU de Hundimiento	83
Tabla 73 Determinación del modelo de Compresión Simple	86
Tabla 74 Comprobación del ELU de Agotamiento del Apoyo.....	87
Tabla 75 Determinación del parámetro m (Fuente: EHE, tabla 66.5.1.2.a)	88
Tabla 76 Determinación del factor de reducción β (Fuente: EHE, tabla 69.5.1.2).....	88

Índice de Figuras

Fig. 1 Telégrafo del año 1833 (Fuente: definición.de).....	22
Fig. 2 Torre de Telefónica de Montjuïc (Fuente: sitiosdebarcelona.net, consultada día 25/3/19)	23
Fig. 3 Torre Autosoportada de sección triangular recta (Fuente: gruposima.es, consultada día 25/3/19)	24
Fig. 4 Torre Autosoportada de sección triangular piramidal (Fuente: ecainox.es, consultada día 25/3/19)	24
Fig. 5 Torre Autosoportada de sección cuadrada recta (Fuente: gruposima.es, consultada día 25/3/19)	25
Fig. 6 Torre Autosoportada de sección cuadrada piramidal (Fuente: steelintheair.com, consultada día 25/3/19)	25
Fig. 7 Torres Atirantadas (Fuente: tcmarver.es, consultada día 25/3/19).....	26
Fig. 8 Huella Torre Atirantada	26
Fig. 9 Planta de la huella de una torre atirantada.....	27
Fig. 10 Pararrayos en Torre de Telecomunicaciones (Fuente: grupomecsa.net, consultada día 25/3/19)	28
Fig. 11 Estructura con geometría de Hiperboloide de una hoja	28
Fig. 12 Torre de Kobe (Fuente: en.wikipedia.org/wiki/Kobe_Port_Tower, consultada día 25/3/19)	29
Fig. 13 Ejemplo de Superficie Reglada en la construcción de la Ciudad de las Artes y de las Ciencias de Valencia (Fuente: Pinterest.com, consultado día 25/3/19)	29
Fig. 14 Ejemplo de Torre con geometría de Hiperboloide de una hoja en las Torres de refrigeración de la central nuclear Cofrentes (Fuente: refineering.wordpress.com, consultada día 25/3/19)	30
Fig. 15 Primera aproximación de la torre	32
Fig. 16 Torre implementada con rectas generatrices	33
Fig. 17 Diseño definitivo de la torre.....	36
Fig. 18 Emplazamiento de la torre	36
Fig. 19 Mapa de isotacas de la velocidad básica fundamental del viento (Fuente: Anexo Nacional del Eurocódigo 1, pag.161)	41
Fig. 20 Definición de la relación de solidez y explicación de cálculo del área global (Fuente: Eurocódigo 1, Figura 7.37, pag.87)	51
Fig. 21 Ejes coordenados cilíndricos	58
Fig. 22 Desplomes (Fuente: Apuntes de la asignatura de Tecnología de la Construcción)	70
Fig. 23 Cimentación implementada en Matlab.....	83
Fig. 24 Placa de anclaje.....	85

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Valores característicos de la torre	31
Cuadro 2 Valor ángulo de inclinación	33
Cuadro 3 Valores representativos de los anillos auxiliares	34
Cuadro 4 Valores representativos de todos los anillos	35

Índice de Gráficas

Gráfica 1 Coeficiente de exposición C_{ez} , para $C_{0z}=1$ (Fuente: Eurocódigo 1, figura 4.2, pag.30)	44
Gráfica 2 Distribución de la presión en cilindros circulares para diferentes rangos del número de Reynolds (Fuente: Eurocódigo 1, figura 7.27, pag.76)	47
Gráfica 3 Valores indicativos del factor de cola $\psi\lambda$ en función de la relación de solidez φ y la esbeltez λ (Fuente: Eurocódigo 1, Figura 7.36, pag.87)	52

MEMORIA

1. Introducción

Antecedentes

1.1. Objetivo del proyecto

El objetivo principal del presente proyecto es el diseño y cálculo estructural de una torre autosoportada de telecomunicaciones de 30 metros de altura, componente principal de una estación base, cuya superficie en este proyecto se ajusta a la de un hiperboloide de una hoja. Se ha decidido proyectar una estructura de este estilo debido a las propiedades estructurales que ofrecen este tipo de geometrías.

El cálculo se ha realizado de forma que cumple la normativa vigente relativa a este tipo de estructuras, además, el presente proyecto incluye el presupuesto y los planos que resulten necesarios para la total definición del mismo.

1.2. Justificación del proyecto

El desarrollo del Trabajo Final de Grado pone en práctica los diferentes conocimientos adquiridos durante la realización del grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales.

Concretamente en este proyecto son de utilidad las aptitudes aprendidas en asignaturas relacionadas con la construcción (Resistencia y Elasticidad de los Materiales, Estructuras y Tecnología de la Construcción), asignaturas sobre elaboraciones de proyectos y presupuestos (Proyectos) y finalmente en asignaturas relacionadas con elaboración de planos (Ingeniería Gráfica y Expresión Gráfica).

El diseño de la estructura metálica se ha realizado mediante el software Autocad de Autodesk. Inicialmente, se obtuvieron modelos previos con ayuda del software Matlab, con los que se determinaron las variables características de la torre objeto de estudio.

El cálculo resistente de la estructura se realiza mediante el software SAP2000. Además, al apartado de cálculo en el presente proyecto se le añade el cálculo de seguridad eléctrica de la instalación.

El proyecto queda completado con la inclusión del presupuesto y de los planos que sean necesarios para la completa definición del mismo.

1.3. Motivaciones del proyecto

El aumento en el consumo de telefonía móvil ha provocado que el concepto de movilidad esté cada vez más extendido en el mundo de la comunicación. Para que esto pueda llevarse a cabo se hace imprescindible el uso de estaciones base y, en concreto, del principal componente de estas, las torres de telecomunicaciones.

La tecnología de la telecomunicación requiere de un gran número de estaciones base para poder abastecer a la totalidad de los consumidores. A pesar del gran número de estaciones base que hay construidas por ciudad, siguen siendo muy rentables en la actualidad.

La principal utilidad de las torres de telecomunicaciones es la de elevar las antenas para así evitar el contacto entre el campo electromagnético creado por estas y las personas u obstáculos debido a que puede resultar perjudicial para el organismo o verse alterada su trayectoria.

Estado del arte

1.4. Torres de Telecomunicaciones. Evolución histórica.

La comunicación a distancia ha sufrido una importante evolución desde el siglo XIX hasta la actualidad. Se ha evolucionado desde telégrafos (Figura 1), pasando por teléfonos fijos, hasta teléfonos móviles de última generación. Todo esto motivado por mejorar la comunicación existente y conseguir una comunicación instantánea y a distancia desde cualquier lugar.



Fig. 1 Telégrafo del año 1833 (Fuente: definición.de)

Con el objetivo de conseguir la comunicación a distancia surge la necesidad de crear una instalación que permita la comunicación a distancia. Y esto se consiguió mediante las antenas parabólicas. Para que las antenas parabólicas pudieran realizar su función sin perjudicar la salud humana y sin que se vieran alteradas sus emisiones se hizo imprescindible la construcción de una estructura que fuera capaz de alejar el campo magnético, creado por éstas, de las personas y de los obstáculos.

Este problema se soluciona de dos formas diferentes. Primero, puede realizarse la colocación dentro del núcleo urbano mediante la ubicación de la instalación encima de un edificio, o hacerlo de forma aislada de la población realizando una construcción auxiliar (mástil o torre) que sustente las antenas y el campo magnético no se vea interferido por superficies que alteraran su correcto funcionamiento.

En un principio, cuando se empezaron a construir este tipo de instalaciones, la torre no era más que una estructura en celosía, en la actualidad, las torres de telecomunicaciones tienen cualquier forma, siendo algunas auténticas obras de arte (Figura 2).



Fig. 2 Torre de Telefónica de Montjuïc (Fuente: sitiosdebarcelona.net, consultada día 25/3/19)

1.5. Tipos de Torres de Telecomunicaciones

El tipo y dimensiones de una torre de telecomunicaciones depende fundamentalmente de los siguientes parámetros:

- El terreno disponible.
- Número de antenas a instalar.
- Sistema de comunicación a instalar.

Atendiendo a las características anteriores las torres de telecomunicaciones se pueden dividir en dos familias: torres autoportadas (autoportantes) y torres ventadas (atirantadas).

Torres Autoportadas (Autoportantes):

Se definen como aquella estructura metálica autoportante, capaz de soportarse por sí misma, es decir, sin necesidad de elementos auxiliares para su sustentación. Ésta es la principal diferencia entre los dos tipos de torre, ya que las torres atirantadas a diferencia de las autoportadas sí que necesitan la instalación de elementos externos para sostenerse.

Este tipo de torre suele construirse cuando nos encontramos con alguna limitación de terreno disponible.

Aunque la geometría de las torres autoportadas es muy variada, las geometrías más comunes nos permiten hacer una segunda división dentro de esta familia, así pues, se pueden diferenciar 2 tipos de torres autoportadas: de sección triangular (Figuras 3 y 4) o sección cuadrada (Figuras 5 y 6). A su vez dentro de estos dos tipos pueden diferenciarse las torres rectas y las piramidales.



Fig. 3 Torre Autoportada de sección triangular recta (Fuente: gruposima.es, consultada día 25/3/19)



Fig. 4 Torre Autoportada de sección triangular piramidal (Fuente: ecainox.es, consultada día 25/3/19)



Fig. 5 Torre Autoportada de sección cuadrada recta (Fuente: gruposima.es, consultada día 25/3/19)



Fig. 6 Torre Autoportada de sección cuadrada piramidal (Fuente: steelintheair.com, consultada día 25/3/19)

Torres Ventadas (Atirantadas):

Se denomina Torre atirantada a aquella estructura metálica que necesita de arriostramientos para poder sustentarse. Normalmente se utilizan tirantes metálicos pretensados dispuestos a diferentes alturas, ensamblados en las aristas de la torre.

Este tipo de torre suele construirse cuando nos encontramos sin limitación de terreno alguna, ya que en general necesita un área que permita inscribir una circunferencia de radio aproximadamente igual a la mitad de la altura de la Torre.

Para una misma altura de mástil, las torres ventadas son más económicas que las torres autosoportadas, debido a la menor utilización de material.



Fig. 7 Torres Atirantadas (Fuente: tcmarver.es, consultada día 25/3/19)

1.6. Aspectos técnicos a considerar en las Torres de Telecomunicaciones

Hay una serie de propiedades que se deben de tener en cuenta durante el diseño y el cálculo de una instalación de estas características

- **Huella de la torre:** La huella de la torre es la superficie de terreno necesaria para la instalación de una torre. Dependiendo del tipo de estructura de la torre, esta necesita una mayor huella para su sustentación.

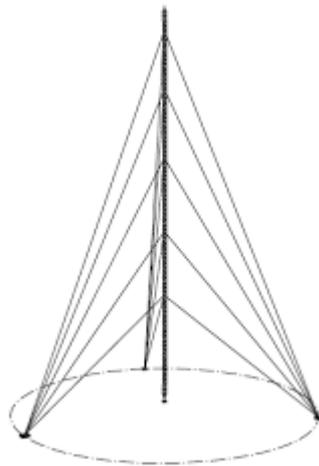


Fig. 8 Huella Torre Atirantada



Fig. 9 Planta de la huella de una torre atirantada

- **Localización de la torre:**

La localización de la torre es un parámetro fundamental a la hora de su correcto funcionamiento. El emplazamiento de la torre debe realizarse en un lugar plano y sin obstáculos.

- **Cargas de las antenas:**

Se debe de tener en cuenta el efecto que tiene la colocación de las cargas sobre la estructura. El efecto que producen las cargas (antenas, cableados, dispositivos de sujeción de la antena, instalación eléctrica...) depende del peso de todos los elementos que conforman la torre, de la resistencia al viento que ofrecen los diferentes elementos y de la altura a la que estén colocados.

- **Corrosión:**

El efecto de la corrosión suele acentuarse en las zonas costeras. Para prevenir este fenómeno en la estructura metálica deben adoptarse medidas como pintar la estructura o utilizar un acero galvanizado.

- **Protección contra rayos, sobretensiones y sobreintensidades:**

Al ser una estructura metálica, las torres de telecomunicaciones son susceptibles de sufrir descargas eléctricas por lo que es necesario instalar un pararrayos. Además del pararrayos es imprescindible conectar la estructura a tierra para disipar la energía eléctrica de forma que la estructura sufra el menor daño posible. También se deberá de tener en cuenta las posibles subidas de tensión o de intensidad. Para esto es necesario disponer de un sistema de protección frente a sobretensiones y sobreintensidades



Fig. 10 Pararrayos en Torre de Telecomunicaciones
(Fuente: grupomecsa.net, consultada día 25/3/19)

1.7. Diseño elegido para la Torre objeto de estudio

Para la realización del presente proyecto se ha decidido implementar una estructura con geometría de hiperboloide de una hoja (Figura 11). A este tipo de geometrías se les conoce como superficies regladas.

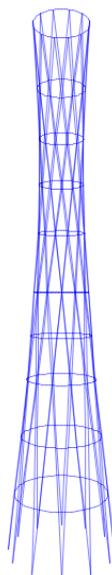


Fig. 11 Estructura con geometría de
Hiperboloide de una hoja

En este proyecto se ha optado por estudiar una torre con esta geometría, ya que se aleja de las soluciones más habituales y, personalmente, resulta interesante realizar un trabajo final de grado original e innovador.

En la actualidad hay algunas torres que utilizan esta geometría, la torre de Kobe es un claro ejemplo. Está construida en el puerto de Kobe (Japón) y es uno de los monumentos más visitados a nivel turístico del país (Figura 12). Por lo que resulta de gran utilidad que una estructura necesaria para la comunicación actual sea además de interés turístico debido a que es posible recuperar parte de la inversión realizada.



Fig. 12 Torre de Kobe (Fuente: en.wikipedia.org/wiki/Kobe_Port_Tower, consultada día 25/3/19)

1.7.1. Introducción a las Superficies Regladas

Una superficie reglada es aquella superficie generada a partir de una recta denominada generatriz y debido al desplazamiento de esta por una o varias curvas. Por lo tanto, son superficies que contienen infinitas rectas y que admiten una posible parametrización reglada. En la actualidad, hay miles de estructuras en el mundo que hacen servir este tipo de geometrías (Figura 13).



Fig. 13 Ejemplo de Superficie Reglada en la construcción de la Ciudad de las Artes y de las Ciencias de Valencia (Fuente: [Pinterest.com](https://www.pinterest.com), consultado día 25/3/19)

Este tipo de geometría ofrece unas propiedades muy interesantes para el diseño estructural de torres. Puede destacarse la posibilidad de construir este tipo de estructuras con geometrías curvas únicamente con rectas, es decir, se pueden conseguir formas curvas únicamente con barras metálicas sin necesidad de doblar estas.

Estas geometrías son capaces de aguantar una gran cantidad de esfuerzos por sí solas, pero tienen la limitación de que están completamente definidas geoméricamente y no admiten modificaciones.

1.7.2. Hiperboloide de una hoja

La torre objeto de estudio tiene geometría de hiperboloide de una hoja. Dicha geometría tiene la peculiaridad de que no es simplemente una superficie reglada, sino que es doblemente reglada. Una superficie doblemente reglada es aquella superficie que puede construirse a partir de dos familias de rectas generatrices diferentes y que por lo tanto es posible encontrar dos parametrizaciones posibles. Esta cualidad nos ha ayudado a poder conseguir la forma deseada mediante la ayuda de Matlab.

Otra característica que resulta muy útil a la hora de proyectar este tipo de estructuras es que, el hiperboloide de una hoja es una superficie mínima, esto quiere decir que, ocupa el mayor espacio con la menor superficie posible. Esta propiedad es muy atractiva a la hora de proyectar este tipo de estructuras debido al ahorro de material pudiendo servir de ejemplo una torre de refrigeración cuya sección es maciza.

A continuación, se muestra un ejemplo de Torre realizada con geometría de hiperboloide de una hoja, además cabe remarcar que (esta geometría lleva usándose desde hace mucho tiempo para la construcción de las torres de refrigeración en las centrales nucleares).



Fig. 14 Ejemplo de Torre con geometría de Hiperboloide de una hoja en las Torres de refrigeración de la central nuclear Cofrentes (Fuente: refineering.wordpress.com, consultada día 25/3/19)

1.7.3. Parametrizaciones

Como se ha comentado anteriormente, nuestra estructura se ha realizado con una geometría de hiperboloide de una hoja, es decir con una superficie reglada que admite dos parametrizaciones diferentes. En este punto se diferencia entre dichas parametrizaciones.

Tomando de partida la ecuación canónica del hiperboloide de una hoja:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1$$

La primera de las parametrizaciones es:

$$\begin{cases} x = a \cdot \sqrt{1 + u^2} \cdot \cos(v) \\ y = b \cdot \sqrt{1 + u^2} \cdot \sin(v) \\ z = c \cdot u \end{cases}$$

siendo $0 < v < 2\pi$, y $u \in \mathbb{R}$.

La segunda parametrización es:

$$\vec{\gamma}(u) = (a \cos(u), b \sin(u), 0)$$

Quedando así definidas ambas parametrizaciones para la posterior aplicación de las mismas en la herramienta Matlab.

1.8. Procedimiento de diseño. Implementación en Matlab.

En este punto, se explica la secuencia seguida para la implementación del diseño de la torre mediante la herramienta Matlab.

Cuando surge la idea de diseñar una torre con geometría de hiperboloide de una hoja, nos encontramos con la dificultad de cómo obtener las medidas de las barras que conforman la estructura, así como su ángulo de inclinación, ya que sin estos parámetros no hubiera sido posible implementar dicha estructura en Autocad. Para ello, se decide realizar una primera aproximación mediante el software Matlab.

En primer lugar, después de haber parametrizado la ecuación canónica del hiperboloide de una hoja, se definen los parámetros característicos de la torre. Que en este caso son: la altura total, la altura de la garganta del hiperboloide, el diámetro de la base, el diámetro de la garganta, el número de generatrices y el número de anillos.

Para la determinación de la altura total de la torre, en base a la normativa vigente en Paterna sobre altura máxima de torres de telecomunicaciones instaladas, se decide diseñar una torre autosoportada de 30 metros de altura (máxima altura permitida para este tipo de construcciones instaladas dentro del término municipal de Paterna). En cuanto al resto de medidas, las cuales no están delimitadas por ninguna normativa, sino que la única limitación es el material a utilizar, se opta por los valores del siguiente cuadro:

Diámetro de la base = 3 metros
Altura de garganta = 21.75 metros
Diámetro de garganta = 1.25 metros
Altura cumbre = 30 metros

Cuadro 1 Valores característicos de la torre

Entonces, una vez acotado el problema, se decide implementar dicha figura en Matlab, y como primera aproximación se proyecta la geometría deseada mediante la primera parametrización (Figura 15).

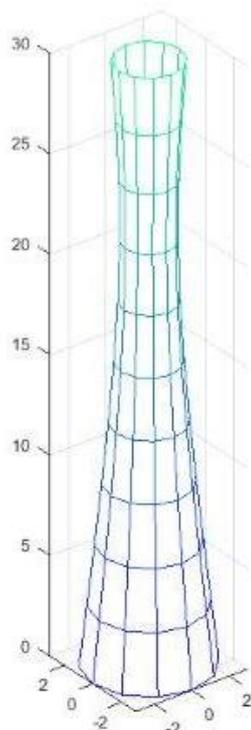


Fig. 15 Primera aproximación de la torre

Después de observar el resultado obtenido en la primera aproximación a nuestra estructura, se detectan varios problemas adicionales, de entre los cuales destaca el que dicha estructura no podía ser construida con barras metálicas rectas, ya que estas suben en dirección perpendicular al terreno. Para poder construir esta estructura es necesario dotar a las barras de cierta inclinación. Dicha inclinación puede observarse en el punto anterior, ambas parametrizaciones dependen del coseno y seno de un ángulo. Este ángulo es el ángulo de inclinación de la generatriz.

Además, a este problema se le suma la incapacidad de poner los anillos a las alturas deseadas, sino que estos anillos son colocados automáticamente por Matlab a una distancia constante, en concreto cada 3 metros. Este problema es de gran importancia debido a que colocar los anillos en alturas donde no se cortan las barras impondría el doble de uniones por anillo, en cambio, si se colocan en las alturas donde se cruzan las barras reducimos las uniones a la mitad.

En consecuencia, para poder construir una torre con dicha geometría, era necesaria la realización de un diseño mediante rectas inclinadas. Para conseguir las rectas inclinadas y así poder determinar su ángulo de inclinación (parámetro necesario para la implementación en Autocad), se aplica la segunda parametrización de la ecuación canónica del hiperboloide de una hoja en Matlab, obteniéndose la siguiente figura (Figura 16):

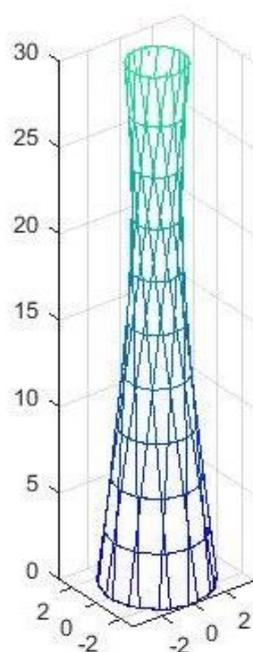


Fig. 16 Torre implementada con rectas generatrices

Como puede observarse en la figura 16 se ha realizado la parametrización 2 veces, es decir, hay dos familias de generatrices (Diagonales_1 y Diagonales_2), ambas con el mismo ángulo de inclinación y longitud; diferenciándolas únicamente en que en la familia de Diagonales_1 el ángulo de inclinación está aplicado en sentido horario, y en la de Diagonales_2 el ángulo de inclinación esta aplicado en sentido antihorario. El valor del ángulo de inclinación puede observarse en el siguiente cuadro:

Ángulo de inclinación de la generatriz en grados:
 $\alpha_1 =$
 2.972754525260093

Cuadro 2 Valor ángulo de inclinación

Estudiando el resultado obtenido en la segunda aproximación, se detecta que las dos familias de generatrices no comienzan ni acaban en el mismo punto. Esto es un problema importante debido a que cuantas más barras nacen de tierra, más anclajes hay que poner. Por ello, se decide llevar a cabo la modificación de la estructura, de forma que las generatrices

comiencen desde un único punto anclado a la cimentación y terminen en un mismo punto en la cumbre de la torre.

A continuación, decidimos redistribuir los anillos exteriores y hacerlos coincidir en la con las uniones de las barras laterales, es decir, modificamos la colocación de anillos de forma constante (cada 3 metros) por una colocación objetiva desde un punto de vista resistente y económico.

Finalmente, con el propósito de reducir la esbeltez de la estructura se añadieron 3 anillos auxiliares. Concretamente se colocan donde se encuentra la mayor separación entre las uniones de las diagonales.

Seguidamente, se muestra el valor del radio de cada anillo auxiliar y la altura a la que se encuentra cada uno (Cuadro 3):

Radios (r) y alturas de colocación (h)
de los anillos auxiliares:

$$h_a = 3.236613772569067 \text{ m}$$

$$R_a = 2.636503843087384 \text{ m}$$

$$h_b = 6.473227545138134 \text{ m}$$

$$R_b = 2.287291511814392 \text{ m}$$

$$h_c = 12.190769855793651 \text{ m}$$

$$R_c = 1.731808581668471 \text{ m}$$

Cuadro 3 Valores representativos de los anillos auxiliares

También, para la total definición de la torre, se adjunta el siguiente cuadro (cuadro 4), de forma que ya quedan determinados todos los anillos y todas sus alturas, respectivamente desde el suelo hasta la cumbre.

Radios de los anillos(R) en metros	Altura de los anillos(h) en metros
R =	h=
3.000000000000000	0.000000000000000
2.636503843087384	3.2366137725690
2.287291511814392	6.4732275451381
2.029362346622265	9.7098413177072
1.731808581668471	12.190769855793
1.509580975161899	14.671698393880
1.335511498692213	18.047342060147
1.253532464089209	20.811911835333
1.281441667314624	23.440498997441
1.412741408663552	26.319327731092
1.622522807726702	30.0000000000000

Cuadro 4 Valores representativos de todos los anillos

El diseño definitivo de la torre se consigue como resultado de la modificación del punto de inicio de una de las familias generatrices (Diagonales_2) y hacerlo coincidir con los inicios de las generatrices de la otra familia (Diagonales_1). Además, cabe remarcar que todos los anillos se encuentran ya situados en su lugar definitivo. Puede observarse el diseño definitivo en la siguiente figura (Figura 17):

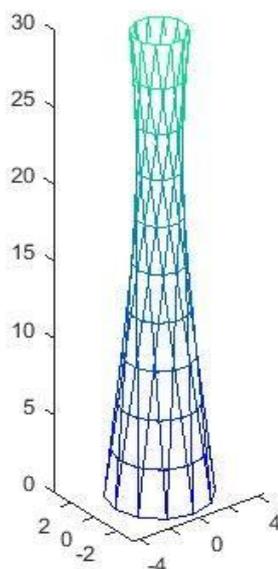


Fig. 17 Diseño definitivo de la torre

1.9. Ubicación del proyecto

Después de un estudio geotécnico sobre diferentes terrenos del término de Paterna, se ha decidido llevar a cabo la instalación de la torre de telecomunicaciones en la parcela número 173 del polígono industrial Fuente del Jarro. Cuyo suelo tiene una resistencia característica de 200 kN/m^2 . En el anexo de planos se ha adjuntado un plano del polígono Fuente del Jarro de Paterna con la localización exacta de la parcela (Plano 1). Además, se indica en la figura siguiente el emplazamiento de la parcela donde se construye la torre.



Fig. 18 Emplazamiento de la torre

2. Cálculo Estructural

En este apartado se aborda el Cálculo de Seguridad Estructural de la torre. En primer lugar, se presenta el material que ha sido utilizado para su construcción y los perfiles elegidos. Después, se aborda el cálculo dividiéndolo en dos grandes grupos: Estados Límites Últimos (ELU) y Estados Límites de Servicio (ELS). Dentro de los cuales se analiza por separado los diferentes criterios aplicados a la estructura de forma que en una futura construcción de la misma quede garantizada la seguridad.

2.1. Materiales empleados

El acero utilizado para los diferentes elementos de la estructura es el S275JR, cuyas características pueden observarse en la siguiente tabla (Tabla 1):

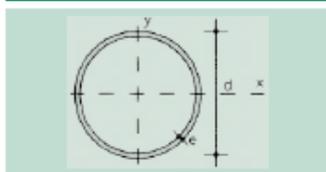
PROPIEDADES DEL ACERO S275JR	
Módulo de Elasticidad (E)	210000 N/mm ²
Módulo de Rigidez (G)	81000 N/mm ²
Coficiente de Poisson (γ)	0,3
Coficiente de Dilatación Térmica (α)	1,2*10 ⁻⁵ (°C) ⁻¹
Densidad (ρ)	7850 kg/m ³
Límite Elástico (f_y)	275 N/mm ²

Tabla 1 Características del acero S275JR

2.2. Perfiles utilizados

Los perfiles empleados para los diferentes elementos de la estructura son perfiles huecos circulares. Concretamente se han utilizado 3 perfiles diferentes. Las características de estos perfiles se indican en la siguiente tabla (Tabla 2):

Tabla 2.A2.1. Perfiles huecos redondos



u = Perímetro
A = Área de la sección
S = Momento estático de media sección, respecto a un eje baricéntrico
I = Momento de inercia de la sección, respecto a un eje baricéntrico
W = $2I/d$: Módulo resistente de la sección, respecto a un eje baricéntrico
l = $\sqrt{I/A}$: Radio de giro de la sección, respecto a un eje baricéntrico
I_t = Módulo de torsión de la sección

Perfil	Dimensiones			Términos de sección						Peso
	d mm	e mm	u mm	A cm ²	S cm ³	I cm ⁴	W cm ³	l cm	I _t cm ⁴	p kg/m
∅ 90.3	90	3	283	8,19	11,40	77,80	17,30	3,07	155,00	8,43 P
∅ 90.4	90	4	283	10,80	14,80	100,00	22,30	3,04	200,00	8,48 P
∅ 90.5	90	5	283	13,40	18,10	121,00	26,90	3,01	242,00	10,50 P
∅ 100.3	100	3	314	9,14	14,10	108,00	21,50	3,43	215,00	7,17 P
∅ 100.4	100	4	314	12,10	18,40	139,00	27,80	3,39	278,00	9,47 P
∅ 100.5	100	5	314	14,90	22,80	169,00	33,80	3,38	238,00	11,70 P
∅ 100.6	100	6	314	17,70	28,50	198,00	39,30	3,33	393,00	13,90 C
∅ 125.4	125	4	393	15,20	29,30	279,00	44,80	4,28	557,00	11,90 C
∅ 125.5	125	5	393	18,80	36,00	340,00	54,40	4,24	680,00	14,80 C
∅ 125.6	125	6	393	22,40	42,50	398,00	63,70	4,21	798,00	17,80 C
∅ 155.4	155	4	487	23,80	56,30	663,00	85,50	5,30	1.330,00	18,50 C
∅ 155.6	155	6	487	28,10	66,80	781,00	101,00	5,27	1.560,00	22,10 C
∅ 155.8	155	8	487	36,90	86,50	1.000,00	129,00	5,21	2.000,00	29,00 C
∅ 175.5	175	5	550	28,70	72,30	988,00	110,00	6,01	1.330,00	21,00 C
∅ 175.6	175	6	550	31,90	85,70	1.140,00	130,00	5,98	2.280,00	25,00 C
∅ 175.8	175	8	550	42,00	112,00	1.470,00	168,00	5,92	2.940,00	33,00 C
∅ 200.5	200	5	628	30,80	95,10	1.460,00	146,00	6,91	2.920,00	24,00 C
∅ 200.6	200	6	628	38,80	113,00	1.720,00	172,00	6,88	3.440,00	28,70 C
∅ 200.8	200	8	628	48,30	148,00	2.230,00	223,00	6,79	4.460,00	37,90 C

Tabla 2 Perfiles utilizados

2.3. Acciones

- Cargas permanentes (G):

De acuerdo con el CTE DB SE-AE el Peso Propio que se ha de considerar es el de los elementos estructurales y equipo fijo. Para la estructura estudiada en el presente proyecto se considera el peso propio de la torre, así como todo el equipo fijo como, por ejemplo, las antenas de telecomunicación.

Las cargas debidas al peso propio las aplica el programa de cálculo (SAP2000) directamente según las características de los perfiles utilizados (secciones, espesores), es decir, lo considera directamente el programa de cálculo tomando el peso específico de los materiales utilizados.

A continuación, se observa una tabla con los pesos propios considerados para la implementación de la torre (Tabla 3):

PESO PROPIO DE LA INSTALACIÓN	
Peso/Metro Lineal de Perfil ϕ 100.4 (kg/m)	9,47
Peso/Metro Lineal de Perfil ϕ 100.6 (kg/m)	13,9
Peso/Metro Lineal de Perfil ϕ 155.6 (kg/m)	22,1
Peso de Antenas de Radiodifusión (9 antenas x 6kg)	54
Peso Pararrayos (kg)	6
Peso de Peceptores Parabólicos (3 receptores x 50kg)	150
Peso Aparamenta Eléctrica (kg)	150

Tabla 3 Peso propio de la estructura

- Sobrecarga de Uso:

De acuerdo con el CTE DB SE-AE, queda definida la Sobrecarga de Uso como “el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso. Generalmente, los efectos de la sobrecarga de uso pueden representarse mediante la aplicación de una carga distribuida uniformemente.”

Se ha considerado que la única sobrecarga de uso que afecta a nuestra estructura es el mantenimiento de esta, por lo que se ha decidido simular una carga repartida en la plataforma de rejilla abierta, destinada para el mantenimiento de los equipos que conforman el sistema de telecomunicaciones, situada a una altura de 26.3 metros coincidiendo con el penúltimo anillo de nuestra torre. La estimación de la Sobrecarga de Uso de la torre objeto de estudio se ha realizado con ayuda de la Tabla 3.1 del CTE DB SE-AE:

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾	2
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabla 4 Valores característicos de las Sobrecargas de Uso (Fuente: CTE DB SE-AE)

Debido a que se trata una estructura destinada a un uso autónomo y solo será accesible a personal cualificado y únicamente para labores de conservación y mantenimiento, se adopta un valor para la sobrecarga de uso de 1 kN/m².

- Carga de Nieve:

Particularmente en este proyecto se ha decidido no tener en cuenta la carga de Nieve, ya que en el CTE únicamente se tiene en consideración la acumulación de la nieve de forma natural, y esto no es posible en ninguna parte de la estructura.

- Carga de Viento:

Este apartado se ha realizado siguiendo las indicaciones del Eurocódigo 1 “Acciones en Estructuras” concretamente en la Parte 1-4 “Acciones Generales”.

Esta es la carga actuante más importante en este tipo de estructuras y su cálculo es complejo.

La representación de las acciones de viento en el Eurocódigo 1 se realiza mediante un conjunto simplificado de fuerzas cuyos efectos son iguales a los efectos extremos del viento turbulento. Además, los valores de las cargas de viento deben de ser valores característicos que se calculan a partir de la velocidad básica del viento.

A continuación, se va a realizar el cálculo de la presión del viento que afecta a la estructura objeto de estudio. Dicho cálculo se realiza de forma que se presenta el fundamento teórico y seguidamente la aplicación a la torre.

La metodología que se va a llevar a cabo para la explicación del cálculo de la presión ejercida por el viento sobre la estructura es la aplicación del Eurocódigo 1 para todos los tramos, de forma que los únicos parámetros que varían entre tramos serán los que dependan de la altura respecto del suelo. En particular, se ha dividido la torre en 10 tramos diferenciados (tramos de estructura resultantes entre cada anillo).

En primer lugar, se tiene como objetivo el cálculo de la Velocidad Media del viento (V_m), basándonos en el punto 4.3 y el punto 4.3.1 del Eurocódigo 1, tenemos que:

$$V_m = C_r(z) \cdot C_0(z) \cdot V_b$$

donde

V_b es la velocidad básica del viento

$C_r(z)$ es el factor de rugosidad

$C_0(z)$ es el coeficiente topográfico

siendo

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0}$$

donde

$V_{b,0}$ es la velocidad básica fundamental del viento

C_{dir} es el factor direccional

C_{season} es el factor estacional

$V_{b,0} = 26m/s$, ya que la torre está situada en Paterna y, por consiguiente, está situada en la Zona A. Debido a esto y gracias a la Figura AN.1 del Anexo Nacional del Eurocódigo 1:

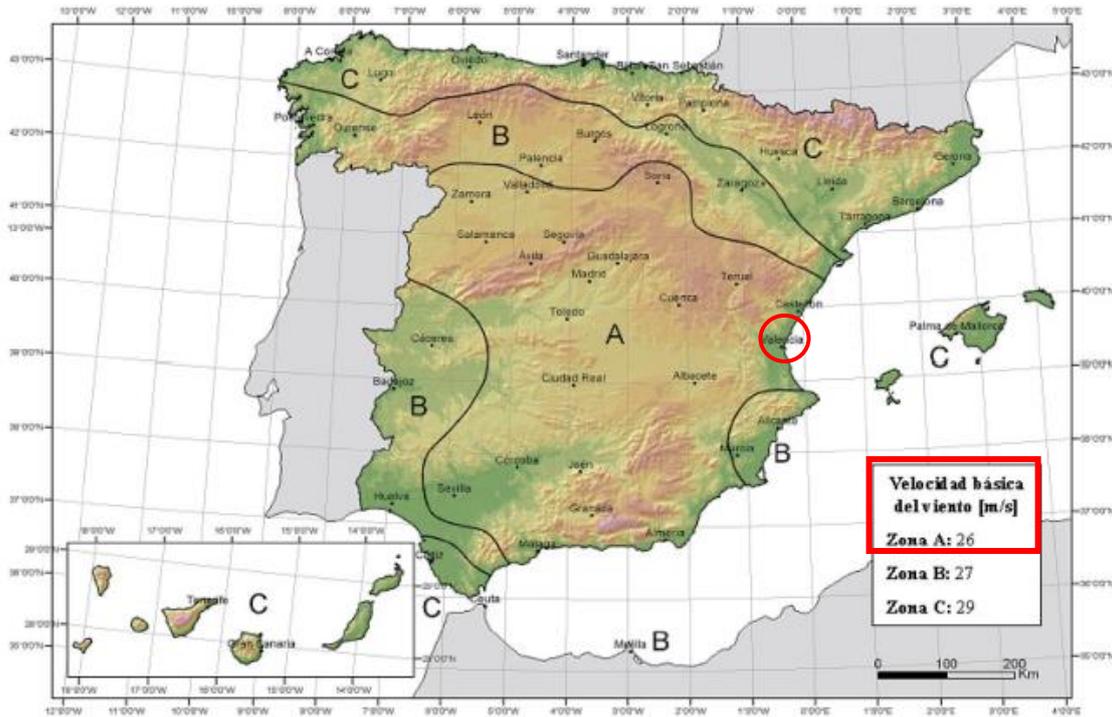


Fig. 19 Mapa de isotacas de la velocidad básica fundamental del viento (Fuente: Anexo Nacional del Eurocódigo 1, pag.161)

$C_{dir} = 1$, este valor viene recomendado por el Eurocódigo 1 en el punto 4.2 en la nota 2(pag.25).

$C_{season} = 1$, valor recomendado por el Eurocódigo 1 en el punto 4.2 en la nota 3 (pag.26).

Por lo que resulta un valor de velocidad básica del viento de:

$$V_b = 1 \cdot 1 \cdot 26 = 26m/s$$

Una vez obtenido el valor de la velocidad básica del viento se procede al cálculo de los dos coeficientes restantes ($C_r(z)$ y $C_0(z)$) para obtener la velocidad media en cada tramo.

$C_0(z)=1$, valor recomendado por el Eurocódigo 1 en el punto 4.3.1; nota 1, que dice que si se ha tenido en cuenta la orografía del terreno en el cálculo de la velocidad básica del viento puede adoptarse $C_0(z)$ como 1. En nuestro caso, como para la determinación de la velocidad básica fundamental del viento ($V_{b,0}$) se ha tenido en cuenta la orografía del terreno puede adoptarse el valor de 1 para el coeficiente topográfico.

Para la determinación del factor de rugosidad se ha seguido el cálculo recomendado por el Eurocódigo 1, el cual es el siguiente y se basa en un perfil logarítmico de velocidades:

$$C_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{para } z_{min.} \leq z \leq z_{máx.}$$

$$C_r(z) = C_r(z_{min.}) \quad \text{para } z \leq z_{min.}$$

donde

z_0 es la longitud de rugosidad

k_r es el factor del terreno que se calcula:

$$k_r = 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0.07}$$

donde

$z_{máx.}$ Se toma igual a 200 metros

$z_{mín.}$ es la altura mínima, esta altura queda determinada en la tabla 4.1 del Eurocódigo 1 en

Categoría de terreno		z_0 m	$z_{mín}$ m
0	Mar abierto o zona costera expuesta al mar abierto	0,003	1
I	Lagos o áreas planas y horizontales con vegetación despreciable y sin obstáculos	0,01	1
II	Áreas con vegetación baja, como hierba, y obstáculos aislados (árboles, edificaciones) con separaciones de al menos 20 veces la altura de los obstáculos	0,05	2
III	Áreas con una cobertura de vegetación uniforme o edificaciones o con obstáculos aislados con una separación máxima de 20 veces la altura de los obstáculos (villas, terreno suburbano, bosques permanentes)	0,3	5
IV	Áreas en las que al menos un 15% de la superficie está cubierta por edificios cuya altura media supera los 15 m	1,0	10

NOTA Las categorías de terrenos se ilustran en el capítulo A.1.

Tabla 5 Categorías del terreno y parámetros del terreno (Fuente: Eurocódigo 1, tabla 4.1, pag.27)

función de la categoría del terreno y los parámetros de este.

En el caso que nos ocupa, la torre está situada en un terreno de Categoría II, por lo que quedan definidos los siguientes parámetros:

$$z_0 = 0.05 \text{ m}$$

$$z_{mín.} = 2 \text{ m}$$

$$z_{0,II} = 0.05 \text{ m, valor recomendado por el Eurocódigo 1 en el punto 4.3.2 (pag.27).}$$

Por lo tanto, sustituyendo en la ecuación quedaría:

$$k_r = 0.19 \cdot \left(\frac{0.05}{0.05} \right)^{0.07} = 0.19$$

Y, por consiguiente, el factor de rugosidad para cada tramo resulta:

TRAMOS	z(m)	C _r (z)
1	3,237	0,792
2	6,473	0,924
3	9,710	1,001
4	12,191	1,044
5	14,672	1,080
6	18,047	1,119
7	20,812	1,146
8	23,440	1,169
9	26,319	1,191
10	30	1,215

Tabla 6 Valores del factor de rugosidad para cada tramo de la torre

Determinados todos los coeficientes necesarios para el cálculo de la velocidad media del viento, se obtiene dicho parámetro para cada tramo de la torre (Tabla 7)

TRAMOS	V _m (z)
1	20,601
2	24,025
3	26,028
4	27,152
5	28,067
6	29,090
7	29,794
8	30,382
9	30,954
10	31,602

Tabla 7 Valores obtenidos para la velocidad media del viento en cada tramo de torre

Seguidamente, después de determinar el valor de la velocidad media del viento, se procede al cálculo de la presión correspondiente a la velocidad de pico $q_p(z)$, parámetro que se calcula siguiendo las indicaciones recogidas en el Eurocódigo 1 punto 4.5 (pag.30):

$$q_p(z) = q_b \cdot C_e(z)$$

siendo

$C_e(z)$ es el factor de exposición

q_b es la presión correspondiente a la velocidad media de referencia del viento, la cual se calcula mediante la siguiente expresión:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

donde

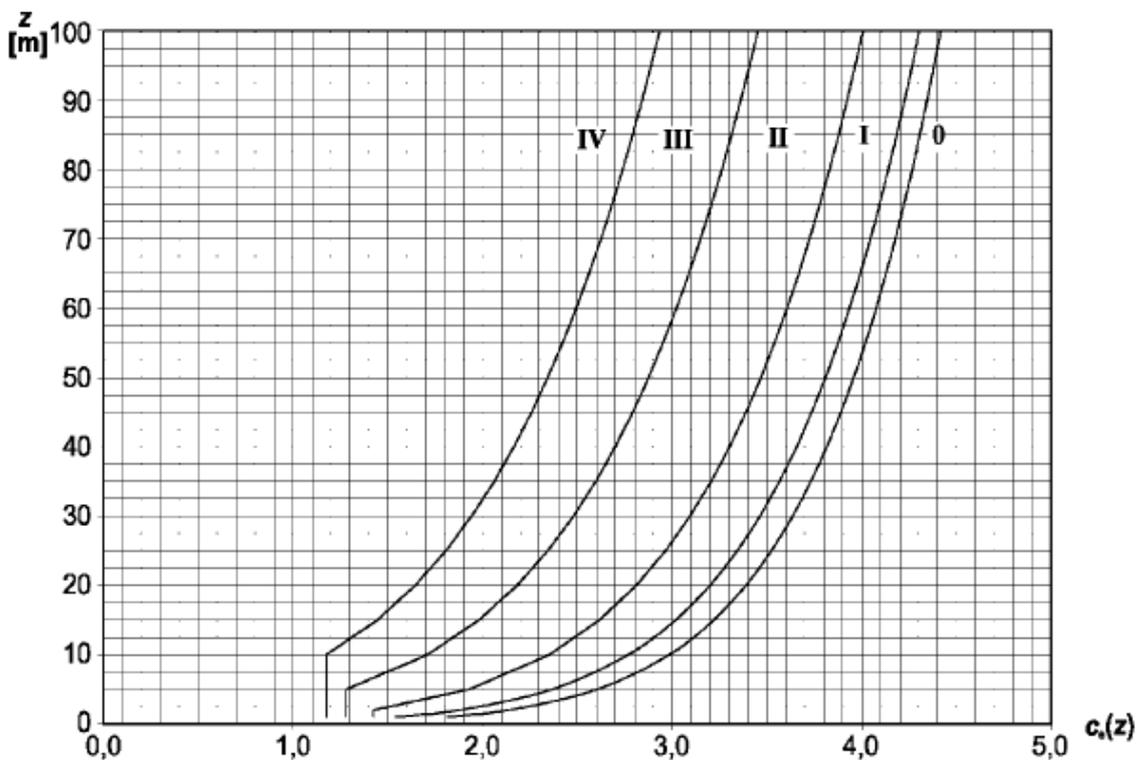
ρ es la densidad del aire, cuyo valor viene definido en el Anexo Nacional del Eurocódigo 1. El valor recomendado es $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$.

Como la velocidad básica del viento ya se encuentra determinada, puede procederse al cálculo de la presión correspondiente a la velocidad media de referencia del viento, resultando un valor de:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1.25 \cdot 26^2 = 422.5 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2$$

Obtenido q_b es necesario determinar el factor de exposición para realizar el cálculo de $q_p(z)$, el cual depende de la altura respecto del suelo del tramo que se estudia.

Para la determinación del coeficiente de exposición el Eurocódigo 1 recomienda el uso de la figura 4.2 (pag.30), en la que se observa que dicho parámetro está representado en función de la altura sobre el terreno y la categoría de este. Dicha tabla puede utilizarse si $C_0(z)=1$, como se cumple la condición se procede al cálculo de $C_e(z)$ con ayuda de la misma (Gráfica 1):



Gráfica 1 Coeficiente de exposición $C_e(z)$, para $C_0(z)=1$ (Fuente: Eurocódigo 1, figura 4.2, pag.30)

Quedando así determinados los diferentes $C_e(z)$ dependientes de la altura para cada tramo de la torre (Tabla 8):

TRAMOS	$C_e(z)$
1	1,5
2	1,55
3	2,35
4	2,45
5	2,55
6	2,65
7	2,75
8	2,85
9	2,95
10	3,2

Tabla 8 Valores del factor de exposición $C_e(z)$

Por lo tanto, los diferentes valores de la presión correspondiente a la velocidad de pico para cada tramo de la torre resultan (Tabla 9):

TRAMOS	$q_p(z)$
1	633,750
2	654,875
3	992,875
4	1035,125
5	1077,375
6	1119,625
7	1161,875
8	1204,125
9	1246,375
10	1352

Tabla 9 Valores de la presión $q_p(z)$ correspondiente a la velocidad de pico para cada tramo de la torre

Conocida la presión correspondiente a la velocidad de pico, se procede al cálculo de la presión del viento sobre la estructura. Dicha presión se calcula utilizando la ecuación facilitada por el Eurocódigo 1 en el punto 5.2 (pag.31):

$$w_e = q_p(z_e) \cdot C_{pe}$$

donde

z_e es la altura de referencia para la presión externa, es decir, la altura máxima sobre el terreno de la sección considerada.

$q_p(z_e)$, ya se conoce, es la presión correspondiente a la velocidad de pico

C_{pe} es el coeficiente de presión para la presión exterior

Para la determinación del coeficiente de presión, el Eurocódigo 1 diferencia entre varios tipos de estructura. Para nuestro caso de estudio, torre con geometría de hiperboloide de una hoja, es de aplicación el punto 7.1 del mismo. Dicho punto dice que los coeficientes de presión de las secciones dependen del número de Reynolds, R_e y este viene determinado mediante la expresión:

$$R_e = \frac{b \cdot v(z_e)}{\nu}$$

donde

b es el diámetro

ν es la viscosidad cinemática del aire cuyo valor es $\nu = 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$v(z_e)$ es la velocidad de pico del viento que se calcula:

$$v(z_e) = \sqrt{\frac{2 \cdot q_p(z_e)}{\rho}}$$

Para la realización del cálculo de $v(z_e)$, primero cabe aclarar que en la estructura que se está estudiando $z_e = z$ por lo que $q_p(z_e) = q_p(z)$, por lo tanto, los diferentes valores de la velocidad de pico del viento resultan (Tabla 10):

TRAMOS	$V(z_e)$
1	28,482
2	28,952
3	35,649
4	36,400
5	37,135
6	37,857
7	38,564
8	39,259
9	39,942
10	41,600

Tabla 10 Valores de la velocidad de pico del viento $v(z_e)$ sobre la estructura

Una vez determinado $v(z_e)$, puede calcularse el número de Reynolds en función de la altura correspondiente de cada tramo (Tabla 11):

TRAMOS	Re
1	5006118
2	4414835
3	4658219
4	4202522
5	3795339
6	3365280
7	3227883
8	3318299
9	3661473
10	4500746

Tabla 11 Valores del número de Reynolds correspondientes a cada tramo de la torre

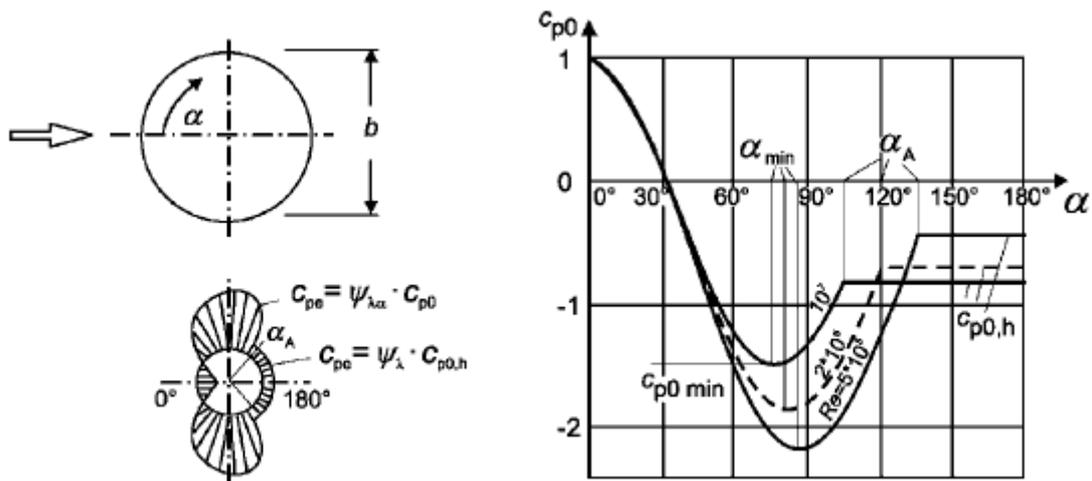
Abordando el cálculo del coeficiente de presión para la presión externa de acuerdo con el Eurocódigo 1 se ha utilizado la expresión:

$$C_{pe} = C_{p,0} \cdot \psi_{\lambda\alpha}$$

donde

$\psi_{\lambda\alpha}$ es el factor del efecto de cola

$C_{p,0}$ viene dado en la figura 7.27 del Eurocódigo 1 (Gráfica 2):



Gráfica 2 Distribución de la presión en cilindros circulares para diferentes rangos del número de Reynolds (Fuente: Eurocódigo 1, figura 7.27, pag.76)

Para determinar valores del número de Reynolds intermedios a los representados puede interpolarse linealmente. Además, el Eurocódigo 1 también proporciona los valores típicos para tres rangos del número de Reynolds (Tabla 12):

Re	α_{min}	$C_{p0,min}$	α_A	$C_{p0,h}$
$5 \cdot 10^5$	85	-2,2	135	-0,4
$2 \cdot 10^6$	80	-1,9	120	-0,7
10^7	75	-1,5	105	-0,8

donde

α_{min} es la posición de la presión mínima, en [°]
 $C_{p0,min}$ es el valor del coeficiente de presión mínimo
 α_A es la posición del punto en el que se separa el flujo, en [°]
 $C_{p0,h}$ es el coeficiente de presión base

Tabla 12 Valores típicos de la distribución de presiones en cilindros circulares para diferentes rangos del número de Reynolds (Fuente: Eurocódigo 1, tabla 7.12, pag.77)

Así, interpolando entre los valores anteriores y consultando la gráfica 2 podemos obtener los valores de $C_{p,0}$ para cada tramo en función del ángulo de incidencia α . Cabe observar que los valores del número de Reynolds que afectan a cada tramo de la estructura varían entre $Re = 10^7$ y $Re = 2 \cdot 10^6$, por lo tanto, calculando los valores de $C_{p,0}$ para dichos valores de Reynolds cada 10 grados se obtiene (Tabla 13):

Re	$2 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^7$
$C_{p,0} 0^\circ$	1	1
$C_{p,0} 10^\circ$	0,75	0,75
$C_{p,0} 20^\circ$	0,4	0,4
$C_{p,0} 30^\circ$	0	0
$C_{p,0} 40^\circ$	-0,4	-0,4
$C_{p,0} 50^\circ$	-0,8	-0,8
$C_{p,0} 60^\circ$	-1,45	-1,2
$C_{p,0} 70^\circ$	-1,7	-1,4
$C_{p,0} 80^\circ$	-1,9	-1,425
$C_{p,0} 90^\circ$	-1,8	-1,35
$C_{p,0} 100^\circ$	-1,6	-0,95
$C_{p,0} 110^\circ$	-1,35	-0,8
$C_{p,0} 120^\circ$	-0,7	-0,8
$C_{p,0} 130^\circ$	-0,7	-0,8
$C_{p,0} 140^\circ$	-0,7	-0,8
$C_{p,0} 150^\circ$	-0,7	-0,8
$C_{p,0} 160^\circ$	-0,7	-0,8
$C_{p,0} 170^\circ$	-0,7	-0,8
$C_{p,0} 180^\circ$	-0,7	-0,8

Tabla 13 Valores de $C_{p,0}$ para los números de Reynolds límite

Una vez determinados los $C_{p,0}$ límites tanto superiores como inferiores anteriores, se calculan los $C_{p,0}$, correspondientes a cada tramo de la estructura por medio de interpolación lineal.

Primero se muestran los resultados obtenidos de los parámetros representativos de cada tramo (Tabla 14) y seguidamente, se muestran los valores de $C_{p,0}$ por tramos y con una subdivisión de 10 grados (Tabla 15 y Tabla 16):

Número de Tramo	R_e	α_{\min}	$C_{p0,\min}$	α_A	$C_{p0,h}$
Tramo 1	5559572	79,818	-1,885	119,455	-0,704
Tramo 2	5259687	79,834	-1,887	119,501	-0,703
Tramo 3	4707514	79,862	-1,889	119,586	-0,703
Tramo 4	4245188	79,885	-1,891	119,656	-0,702
Tramo 5	3869042	79,905	-1,892	119,714	-0,702
Tramo 6	3428188	79,927	-1,894	119,781	-0,701
Tramo 7	3286048	79,934	-1,895	119,803	-0,701
Tramo 8	3364550	79,930	-1,894	119,791	-0,701
Tramo 9	3692372	79,914	-1,893	119,741	-0,702
Tramo 10	4447690	79,875	-1,890	119,625	-0,702

Tabla 14 Valores de los parámetros representativos de cada tramo

ángulo(º)	Tramo_1 $C_{p,0}$	Tramo_2 $C_{p,0}$	Tramo_3 $C_{p,0}$	Tramo_4 $C_{p,0}$	Tramo_5 $C_{p,0}$
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
10	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
20	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
40	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400
50	-0,800	-0,800	-0,800	-0,800	-0,800
60	-1,441	-1,442	-1,443	-1,444	-1,445
70	-1,689	-1,690	-1,692	-1,693	-1,694
80	-1,883	-1,884	-1,887	-1,889	-1,891
90	-1,784	-1,785	-1,788	-1,790	-1,791
100	-1,576	-1,578	-1,582	-1,585	-1,588
110	-1,330	-1,332	-1,335	-1,337	-1,340
120	-0,704	-0,703	-0,703	-0,702	-0,702
130	-0,704	-0,703	-0,703	-0,702	-0,702
140	-0,704	-0,703	-0,703	-0,702	-0,702
150	-0,704	-0,703	-0,703	-0,702	-0,702
160	-0,704	-0,703	-0,703	-0,702	-0,702
170	-0,704	-0,703	-0,703	-0,702	-0,702
180	-0,704	-0,703	-0,703	-0,702	-0,702

Tabla 15 Valores de $C_{p,0}$ para los tramos 1, 2, 3, 4 y 5

ángulo(º)	Tramo_6 C _{p,0}	Tramo_7 C _{p,0}	Tramo_8 C _{p,0}	Tramo_9 C _{p,0}	Tramo_10 C _{p,0}
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
10	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
20	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
40	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400
50	-0,800	-0,800	-0,800	-0,800	-0,800
60	-1,446	-1,447	-1,447	-1,446	-1,444
70	-1,696	-1,696	-1,696	-1,695	-1,693
80	-1,893	-1,894	-1,893	-1,892	-1,888
90	-1,793	-1,794	-1,794	-1,792	-1,789
100	-1,591	-1,591	-1,591	-1,589	-1,584
110	-1,342	-1,343	-1,342	-1,341	-1,336
120	-0,701	-0,701	-0,701	-0,702	-0,702
130	-0,701	-0,701	-0,701	-0,702	-0,702
140	-0,701	-0,701	-0,701	-0,702	-0,702
150	-0,701	-0,701	-0,701	-0,702	-0,702
160	-0,701	-0,701	-0,701	-0,702	-0,702
170	-0,701	-0,701	-0,701	-0,702	-0,702
180	-0,701	-0,701	-0,701	-0,702	-0,702

Tabla 16 Valores de C_{p,0} para los tramos 6, 7, 8, 9 y 10

Una vez obtenidos los valores anteriores se procede al cálculo del factor del efecto de cola $\psi_{\lambda\alpha}$, que de acuerdo con el Eurocódigo 1 viene dado por la expresión:

$$\psi_{\lambda\alpha} = 1 \quad \text{para } 0^\circ \leq \alpha \leq \alpha_{min}$$

$$\psi_{\lambda\alpha} = \psi_{\lambda} + (1 - \psi_{\lambda}) \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \left(\frac{\alpha - \alpha_{min}}{\alpha_A - \alpha_{min}}\right)\right) \quad \text{para } \alpha_{min} \leq \alpha \leq \alpha_A$$

$$\psi_{\lambda\alpha} = \psi_{\lambda} \quad \text{para } \alpha_A \leq \alpha \leq 180^\circ$$

donde

ψ_{λ} es el factor del efecto de cola, el cuál es necesario conocer para la determinación de $\psi_{\lambda\alpha}$. El Eurocódigo 1 recomienda obtener dicho parámetro por medio de la gráfica del punto 7.13. En dicha gráfica el factor de cola es función de la relación de solidez y de la esbeltez efectiva.

La relación de solidez (φ) no es más que el porcentaje de huecos que hay por tramo estudiado en la torre. Dicho parámetro ha sido calculado como recomienda el Eurocódigo 1 en el punto 7.13:

$$\varphi = \frac{A}{A_c}$$

siendo

A la suma de las áreas proyectadas de los elementos de la estructura

A_c es el área global, a continuación, se muestra un ejemplo de cómo calcular el área global:

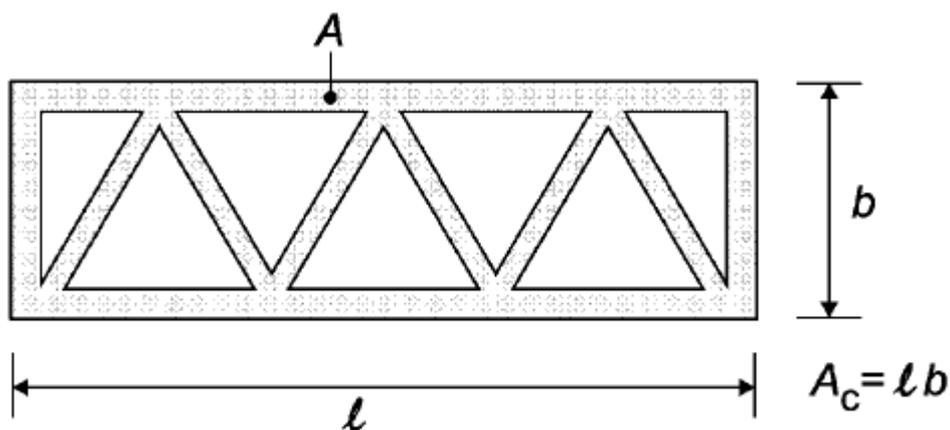


Fig. 20 Definición de la relación de solidez y explicación de cálculo del área global (Fuente: Eurocódigo 1, Figura 7.37, pag.87)

Realizando dicho cálculo para la estructura objeto de estudio, resulta una relación de solidez por tramo de (Tabla 17):

A_c	A	φ
14,351	3,914	0,273
12,535	3,914	0,312
10,810	3,915	0,362
7,201	3,000	0,417
6,367	3,000	0,471
7,603	4,083	0,537
5,622	3,343	0,595
5,209	3,179	0,610
5,977	3,482	0,583
8,681	4,457	0,513

Tabla 17 Valores del área global (A_c), de la suma de las áreas de los elementos proyectados (A) y del factor de solidez (φ)

A continuación, se calcula la esbeltez por tramo de la torre, mediante la ecuación siguiente:

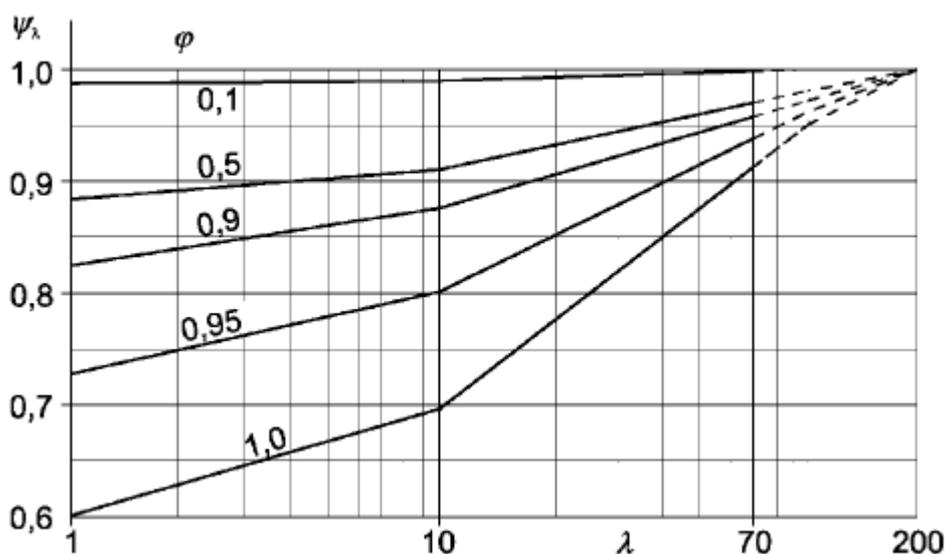
$$\lambda = \frac{h_{m\acute{a}x.} - h_{m\acute{i}n.}}{b}$$

Los valores obtenidos para la esbeltez por tramo son los siguientes (Tabla 18):

TRAMOS	λ
1	1,079
2	1,228
3	1,415
4	1,266
5	1,433
6	2,202
7	2,073
8	2,094
9	2,271
10	2,680

Tabla 18 Valores de esbeltez λ para cada tramo

Una vez determinado el factor de solidez y la esbeltez por tramo de la estructura, con ayuda de la gráfica siguiente (Gráfica 3), la cual viene recomendada por el Eurocódigo 1 para la determinación de ψ_λ , se determina dicho parámetro, para después poder obtener el factor de cola para cada tramo.



Gráfica 3 Valores indicativos del factor de cola ψ_λ en función de la relación de solidez φ y la esbeltez λ (Fuente: Eurocódigo 1, Figura 7.36, pag.87)

Obtenido el valor del factor de cola, se determina C_{pe} que interviene en el cálculo de la presión w_e ejercida por el viento sobre la estructura. Los resultados se muestran en forma de tabla resumen para cada tramo y para cada ángulo de incidencia. Además, se ha añadido una columna cuya utilidad ha sido el cambio de unidades de w_e de forma que quedara indicado el valor en las unidades en las que trabaja el software de cálculo.

- **Tramo 1:**

Ángulo	ψ_a	C_{pe}	$q_p(z_e)$	$w_e(\text{kg/m}^2)$	$q_{SAP}(\text{kN/m})$
0	1,000	1,000	633,750	633,750	-0,622
10	1,000	0,750	633,750	475,313	-0,466
20	1,000	0,400	633,750	253,500	-0,249
30	1,000	0,000	633,750	0,000	0,000
40	1,000	-0,400	633,750	-253,500	0,249
50	1,000	-0,800	633,750	-507,000	0,497
60	1,000	-1,441	633,750	-913,183	0,896
70	1,000	-1,689	633,750	-1070,469	1,050
80	1,000	-1,883	633,750	-1193,190	1,171
90	0,996	-1,777	633,750	-1125,873	1,104
100	0,985	-1,553	633,750	-983,939	0,965
110	0,968	-1,288	633,750	-816,242	0,801
120	0,880	-0,619	633,750	-392,416	0,385
130	0,880	-0,619	633,750	-392,416	0,385
140	0,880	-0,619	633,750	-392,416	0,385
150	0,880	-0,619	633,750	-392,416	0,385
160	0,880	-0,619	633,750	-392,416	0,385
170	0,880	-0,619	633,750	-392,416	0,385
180	0,880	-0,619	633,750	-392,416	0,385

Tabla 19 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia

- **Tramo 2:**

Ángulo	ψ_a	C_{pe}	$q_p(z_e)$	$w_e(\text{kg/m}^2)$	$q_{SAP}(\text{kN/m})$
0	1,000	1,000	654,875	654,875	-0,642
10	1,000	0,750	654,875	491,156	-0,482
20	1,000	0,400	654,875	261,950	-0,257
30	1,000	0,000	654,875	0,000	0,000
40	1,000	-0,400	654,875	-261,950	0,257
50	1,000	-0,800	654,875	-523,900	0,514
60	1,000	-1,442	654,875	-944,123	0,926
70	1,000	-1,690	654,875	-1106,753	1,086
80	1,000	-1,884	654,875	-1233,914	1,210
90	0,994	-1,775	654,875	-1162,431	1,140
100	0,979	-1,545	654,875	-1011,771	0,993
110	0,956	-1,273	654,875	-833,484	0,818
120	0,800	-0,563	654,875	-368,473	0,361
130	0,800	-0,563	654,875	-368,473	0,361
140	0,800	-0,563	654,875	-368,473	0,361
150	0,800	-0,563	654,875	-368,473	0,361
160	0,800	-0,563	654,875	-368,473	0,361
170	0,800	-0,563	654,875	-368,473	0,361
180	0,800	-0,563	654,875	-368,473	0,361

Tabla 20 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia

- **Tramo 3:**

Ángulo	ψ_a	C_{pe}	$q_p(z_e)$	$w_e(\text{kg/m}^2)$	$q_{SAP}(\text{kN/m})$
0	1,000	1,000	992,875	992,875	-0,974
10	1,000	0,750	992,875	744,656	-0,731
20	1,000	0,400	992,875	397,150	-0,390
30	1,000	0,000	992,875	0,000	0,000
40	1,000	-0,400	992,875	-397,150	0,390
50	1,000	-0,800	992,875	-794,300	0,779
60	1,000	-1,443	992,875	-1432,811	1,406
70	1,000	-1,692	992,875	-1679,658	1,648
80	1,000	-1,887	992,875	-1873,431	1,838
90	0,994	-1,777	992,875	-1764,277	1,731
100	0,977	-1,546	992,875	-1535,350	1,506
110	0,953	-1,272	992,875	-1262,678	1,239
120	0,650	-0,457	992,875	-453,541	0,445
130	0,650	-0,457	992,875	-453,541	0,445
140	0,650	-0,457	992,875	-453,541	0,445
150	0,650	-0,457	992,875	-453,541	0,445
160	0,650	-0,457	992,875	-453,541	0,445
170	0,650	-0,457	992,875	-453,541	0,445
180	0,650	-0,457	992,875	-453,541	0,445

Tabla 21 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia

- **Tramo 4:**

Ángulo	ψ_a	C_{pe}	$q_p(z_e)$	$w_e(\text{kg/m}^2)$	$q_{SAP}(\text{kN/m})$
0	1,000	1,000	1035,125	1035,125	-1,015
10	1,000	0,750	1035,125	776,344	-0,762
20	1,000	0,400	1035,125	414,050	-0,406
30	1,000	0,000	1035,125	0,000	0,000
40	1,000	-0,400	1035,125	-414,050	0,406
50	1,000	-0,800	1035,125	-828,100	0,812
60	1,000	-1,444	1035,125	-1495,003	1,467
70	1,000	-1,693	1035,125	-1752,598	1,719
80	1,000	-1,889	1035,125	-1955,471	1,918
90	0,994	-1,778	1035,125	-1840,884	1,806
100	0,976	-1,547	1035,125	-1601,496	1,571
110	0,950	-1,270	1035,125	-1314,849	1,290
120	0,550	-0,386	1035,125	-399,827	0,392
130	0,550	-0,386	1035,125	-399,827	0,392
140	0,550	-0,386	1035,125	-399,827	0,392
150	0,550	-0,386	1035,125	-399,827	0,392
160	0,550	-0,386	1035,125	-399,827	0,392
170	0,550	-0,386	1035,125	-399,827	0,392
180	0,550	-0,386	1035,125	-399,827	0,392

Tabla 22 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia

- **Tramo 5:**

Ángulo	ψ_a	C_{pe}	$q_p(z_e)$	$w_e(\text{kg/m}^2)$	$q_{SAP}(\text{kN/m})$
0	1,000	1,000	1077,375	1077,375	-1,057
10	1,000	0,750	1077,375	808,031	-0,793
20	1,000	0,400	1077,375	430,950	-0,423
30	1,000	0,000	1077,375	0,000	0,000
40	1,000	-0,400	1077,375	-430,950	0,423
50	1,000	-0,800	1077,375	-861,900	0,846
60	1,000	-1,445	1077,375	-1557,057	1,527
70	1,000	-1,694	1077,375	-1825,373	1,791
80	1,000	-1,891	1077,375	-2037,251	1,999
90	0,992	-1,777	1077,375	-1914,918	1,879
100	0,970	-1,540	1077,375	-1659,433	1,628
110	0,937	-1,256	1077,375	-1352,811	1,327
120	0,770	-0,540	1077,375	-582,287	0,571
130	0,770	-0,540	1077,375	-582,287	0,571
140	0,770	-0,540	1077,375	-582,287	0,571
150	0,770	-0,540	1077,375	-582,287	0,571
160	0,770	-0,540	1077,375	-582,287	0,571
170	0,770	-0,540	1077,375	-582,287	0,571
180	0,770	-0,540	1077,375	-582,287	0,571

Tabla 23 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia

- **Tramo 6:**

Ángulo	ψ_a	C_{pe}	$q_p(z_e)$	$w_e(\text{kg/m}^2)$	$q_{SAP}(\text{kN/m})$
0	1,000	1,000	1119,625	1119,625	-1,098
10	1,000	0,750	1119,625	839,719	-0,824
20	1,000	0,400	1119,625	447,850	-0,439
30	1,000	0,000	1119,625	0,000	0,000
40	1,000	-0,400	1119,625	-447,850	0,439
50	1,000	-0,800	1119,625	-895,700	0,879
60	1,000	-1,446	1119,625	-1619,377	1,589
70	1,000	-1,696	1119,625	-1898,467	1,862
80	1,000	-1,893	1119,625	-2119,536	2,079
90	0,991	-1,778	1119,625	-1990,803	1,953
100	0,967	-1,539	1119,625	-1722,623	1,690
110	0,931	-1,250	1119,625	-1399,394	1,373
120	0,630	-0,442	1119,625	-494,783	0,485
130	0,630	-0,442	1119,625	-494,783	0,485
140	0,630	-0,442	1119,625	-494,783	0,485
150	0,630	-0,442	1119,625	-494,783	0,485
160	0,630	-0,442	1119,625	-494,783	0,485
170	0,630	-0,442	1119,625	-494,783	0,485
180	0,630	-0,442	1119,625	-494,783	0,485

Tabla 24 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia

- **Tramo 7:**

Ángulo	ψ_a	C_{pe}	$q_p(z_e)$	$w_e(\text{kg/m}^2)$	$q_{SAP}(\text{kN/m})$
0	1,000	1,000	1161,875	1161,875	-1,140
10	1,000	0,750	1161,875	871,406	-0,855
20	1,000	0,400	1161,875	464,750	-0,456
30	1,000	0,000	1161,875	0,000	0,000
40	1,000	-0,400	1161,875	-464,750	0,456
50	1,000	-0,800	1161,875	-929,500	0,912
60	1,000	-1,447	1161,875	-1680,907	1,649
70	1,000	-1,696	1161,875	-1970,613	1,933
80	1,000	-1,894	1161,875	-2200,319	2,159
90	0,990	-1,777	1161,875	-2064,291	2,025
100	0,963	-1,532	1161,875	-1780,545	1,747
110	0,922	-1,238	1161,875	-1438,593	1,411
120	0,625	-0,438	1161,875	-509,273	0,500
130	0,625	-0,438	1161,875	-509,273	0,500
140	0,625	-0,438	1161,875	-509,273	0,500
150	0,625	-0,438	1161,875	-509,273	0,500
160	0,625	-0,438	1161,875	-509,273	0,500
170	0,625	-0,438	1161,875	-509,273	0,500
180	0,625	-0,438	1161,875	-509,273	0,500

Tabla 25 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia

- **Tramo 8:**

Ángulo	ψ_a	C_{pe}	$q_p(z_e)$	$w_e(\text{kg/m}^2)$	$q_{SAP}(\text{kN/m})$
0	1,000	1,000	1204,125	1204,125	-1,181
10	1,000	0,750	1204,125	903,094	-0,886
20	1,000	0,400	1204,125	481,650	-0,472
30	1,000	0,000	1204,125	0,000	0,000
40	1,000	-0,400	1204,125	-481,650	0,472
50	1,000	-0,800	1204,125	-963,300	0,945
60	1,000	-1,447	1204,125	-1741,790	1,709
70	1,000	-1,696	1204,125	-2041,983	2,003
80	1,000	-1,893	1204,125	-2279,872	2,237
90	0,989	-1,774	1204,125	-2135,545	2,095
100	0,957	-1,522	1204,125	-1833,263	1,798
110	0,910	-1,221	1204,125	-1470,181	1,442
120	0,625	-0,438	1204,125	-527,853	0,518
130	0,625	-0,438	1204,125	-527,853	0,518
140	0,625	-0,438	1204,125	-527,853	0,518
150	0,625	-0,438	1204,125	-527,853	0,518
160	0,625	-0,438	1204,125	-527,853	0,518
170	0,625	-0,438	1204,125	-527,853	0,518
180	0,625	-0,438	1204,125	-527,853	0,518

Tabla 26 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia

- **Tramo 9:**

Ángulo	ψ_a	C_{pe}	$q_p(z_e)$	$w_e(\text{kg/m}^2)$	$q_{SAP}(\text{kN/m})$
0	1,000	1,000	1246,375	1246,375	-1,223
10	1,000	0,750	1246,375	934,781	-0,917
20	1,000	0,400	1246,375	498,550	-0,489
30	1,000	0,000	1246,375	0,000	0,000
40	1,000	-0,400	1246,375	-498,550	0,489
50	1,000	-0,800	1246,375	-997,100	0,978
60	1,000	-1,446	1246,375	-1801,863	1,768
70	1,000	-1,695	1246,375	-2112,380	2,072
80	1,000	-1,892	1246,375	-2357,887	2,313
90	0,988	-1,771	1246,375	-2207,625	2,166
100	0,955	-1,518	1246,375	-1891,777	1,856
110	0,906	-1,215	1246,375	-1514,086	1,485
120	0,630	-0,442	1246,375	-551,007	0,541
130	0,630	-0,442	1246,375	-551,007	0,541
140	0,630	-0,442	1246,375	-551,007	0,541
150	0,630	-0,442	1246,375	-551,007	0,541
160	0,630	-0,442	1246,375	-551,007	0,541
170	0,630	-0,442	1246,375	-551,007	0,541
180	0,630	-0,442	1246,375	-551,007	0,541

Tabla 27 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia

- **Tramo 10:**

Ángulo	ψ_a	C_{pe}	$q_p(z_e)$	$w_e(\text{kg/m}^2)$	$q_{SAP}(\text{kN/m})$
0	1,000	1,000	1352,000	1352,000	-1,326
10	1,000	0,750	1352,000	1014,000	-0,995
20	1,000	0,400	1352,000	540,800	-0,531
30	1,000	0,000	1352,000	0,000	0,000
40	1,000	-0,400	1352,000	-540,800	0,531
50	1,000	-0,800	1352,000	-1081,600	1,061
60	1,000	-1,444	1352,000	-1951,958	1,915
70	1,000	-1,693	1352,000	-2288,270	2,245
80	1,000	-1,888	1352,000	-2552,757	2,504
90	0,991	-1,773	1352,000	-2397,394	2,352
100	0,967	-1,532	1352,000	-2070,612	2,031
110	0,931	-1,244	1352,000	-1681,679	1,650
120	0,645	-0,453	1352,000	-612,606	0,601
130	0,645	-0,453	1352,000	-612,606	0,601
140	0,645	-0,453	1352,000	-612,606	0,601
150	0,645	-0,453	1352,000	-612,606	0,601
160	0,645	-0,453	1352,000	-612,606	0,601
170	0,645	-0,453	1352,000	-612,606	0,601
180	0,645	-0,453	1352,000	-612,606	0,601

Tabla 28 Cargas de viento sobre la estructura dependiendo de ángulo de incidencia

Concluida la parte de cálculo de la presión del viento w_e , se aplican dichas cargas a la estructura modelizada en el software SAP2000. Para poder introducir las adecuadamente, se ha utilizado un sistema auxiliar de coordenadas cilíndricas. En este sistema se han realizado particiones angulares de 10° acordes con las tablas anteriores. La figura 21 muestra el sistema de referencia auxiliar.

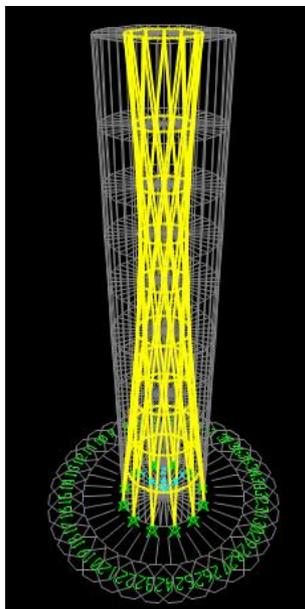


Fig. 21 Ejes coordenados cilíndricos

2.4. Combinaciones

De acuerdo con el CTE, se han realizado distintas combinaciones de carga dependiendo el criterio de comprobación estudiado. A continuación, se pueden observar que combinaciones se han comprobado para cada criterio (Tabla 29):

	Criterio de Comprobación	Combinación
ELU	Resistencia	1,35G+1,5V
		1,35G+1,5U
	Pandeo	1,35G+1,5V
		1,35G+1,5U
ELS	Apariencia	1G
	Integridad	1V
		1U

Tabla 29 Combinaciones realizadas para cada criterio

Donde G hace referencia al peso propio de la estructura, U a las sobrecargas de uso y V a la acción del viento sobre la estructura.

Una vez se han aplicado todas las cargas sobre la estructura y definidas las combinaciones en el software de cálculo (SAP2000), se realiza el cálculo estructural del cuál se obtienen las reacciones en los apoyos, los movimientos en los nudos y los diagramas de los esfuerzos.

2.5. Comprobaciones

En el presente apartado se explican las comprobaciones realizadas para garantizar la seguridad estructural de la torre. Dichas comprobaciones se han realizado siguiendo las instrucciones y recomendaciones recogidas en el Código Técnico de la Edificación.

El estudio de este apartado se ha realizado de forma que se diferencia por un lado los Estados Límite Últimos y por otro los Estados Límite de Servicio.

El CTE define los estados límite como: *“Se denominan Estados Límite a aquellas situaciones para las que, de ser alcanzadas, puede considerarse que el edificio no cumple alguno de los requisitos estructurales para los que ha sido concebido.”*

2.5.1. Estados Límite Últimos

Según el Código Técnico de la Edificación se define Estado Límite Último como: *“el estado asociado al colapso o a otra forma similar de fallo estructural.”*

Además, también queda remarcado en el CTE que: *“Los Estados Límite Últimos (ELU) son los que, de ser alcanzados, constituyen un riesgo para las personas. Pueden ser debidos a pérdida del equilibrio del edificio o a fallos por deformaciones excesivas.”*

Las comprobaciones del Estado Límite Último de Resistencia están basadas en distribuciones elásticas de tensiones, por lo tanto, de acuerdo con la tabla adjunta del Código Técnico de la Edificación, se tiene una sección de Clase 3.

Clase 1: Plástica	Permiten la formación de la rótula plástica con la capacidad de rotación suficiente para la redistribución de momentos.
Clase 2: Compacta	Permiten el desarrollo del momento plástico con una capacidad de rotación limitada.
Clase 3: Semicompacta o Elástica	En la fibra más comprimida se puede alcanzar el límite elástico del acero pero la abolladura impide el desarrollo del momento plástico
Clase 4: Esbelta	Los elementos total o parcialmente comprimidos de las secciones esbeltas se abollan antes de alcanzar el límite elástico en la fibra más comprimida.

Tabla 30 Clasificación de secciones transversales solicitadas por momentos flectores (Fuente: CTE, Figura 5.1, pag.307)

El valor de la resistencia de cálculo del acero S275JR para los dos ELU estudiados es:

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{275}{1.05} = 261.9 \text{ N/mm}^2$$

siendo

f_y el límite elástico del acero

γ_{M1} , el coeficiente de seguridad aplicado a los Estados Límite Últimos.

2.5.1.1. Estado Límite Último de Resistencia

En este apartado en concreto se estudia la resistencia de la estructura frente a las acciones por las que se ve afectada. Para la realización de este análisis se han diferenciado cuatro familias de barras: Diagonales_1, Diagonales_2, los tres anillos inferiores por un lado y los siete superiores por otro.

En primer lugar, se obtiene directamente del software de cálculo las fuerzas a las cuales están sometidos todos los elementos de la estructura (axiles, cortantes y momentos). Estos resultados el software los proporciona para diferentes secciones dentro de la misma barra.

Los perfiles empleados para los diferentes elementos de la estructura son perfiles huecos circulares. Concretamente se han utilizado 3 perfiles diferentes. En primer lugar, el perfil seleccionado para las dos familias de diagonales (Diagonales_1 y Diagonales_2) es el Ø100.6. Para los tres anillos inferiores se ha utilizado un perfil Ø155.6 y para los siete restantes un perfil Ø100.4. Las características están recogidas en la tabla 2 del presente trabajo.

Seguidamente, se calcula el momento resultante en cada sección circular de todas las barras que conforman la estructura mediante la ecuación siguiente:

$$M_R = \sqrt{M_y^2 + M_z^2}$$

Una vez obtenido el momento resultante, se calcula la tensión normal en cada sección mediante la siguiente ecuación:

$$|\sigma_x| = \left| \frac{N}{A} \right| + \left| \frac{M_R}{W} \right|$$

Posteriormente se procede al cálculo de las diferentes tensiones tangentes. En concreto se calculan las tensiones tangentes debidas al cortante en y, al cortante en z y al momento torsor. Dichas tensiones se calculan de la forma siguiente:

$$|\tau_{xy}| = \frac{3}{2} \cdot \left| \frac{V_y}{A} \right|$$

$$|\tau_{xz}| = \frac{3}{2} \cdot \left| \frac{V_z}{A} \right|$$

$$|\tau_{x\theta}| = \frac{3}{2} \cdot \left| \frac{M_T}{I_p} \cdot R \right|$$

Ahora ya es posible la realización del cálculo de la tensión equivalente de Von Mises (σ_{eq}) con ayuda de la siguiente fórmula:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot (\tau_{x\theta} + \tau_{xy} + \tau_{xz})^2}$$

Una vez obtenida la tensión equivalente de Von Mises se procede a realizar la comprobación del ELU de Resistencia de las secciones. Para ello, primero se localiza para que elemento, en que sección y para que combinación se produce la máxima tensión equivalente de Von Mises.

Finalmente, se realiza la comprobación del ELU de Resistencia de las secciones comparando:

$$\frac{\sigma_{eq}}{\sigma_e} \leq 1$$

siendo

$\sigma_e = f_{yd}$ el valor de la tensión de la resistencia de cálculo del acero utilizado en la construcción de la estructura.

A continuación, se muestra el cálculo del elemento más desfavorable de cada familia siguiendo el procedimiento explicado en este punto:

FAMILIA ESTUDIADA	Frame	M _R	Tensión normal (σ _x)	Tensión tg cortante (τ _{xy})	Tensión tg cortante (τ _{xz})	Tensión tg torsor (τ _{xθ})	Von Mises (σ _{eq})	σ _{eq} /f _{yd}
DIAGONAL_1	810	6,043	1575,479	0,000	0,000	34,251	1576,596	0,602
DIAGONAL_2	930	6,043	1575,460	0,000	0,000	34,241	1576,576	0,602
ANILLOS 1-3	432	4,716	1742,243	2,188	38,659	4,964	1744,049	0,666
ANILLOS 4-10	200	10,836	1117,155	0,006	3,475	1,989	1117,195	0,427

Tabla 31 Cálculo de la tensión equivalente de Von Mises

FAMILIA ESTUDIADA	MAX σ _{eq}	σ _{eq} /f _{yd}	BARRA	Sección	COMBINACIÓN
DIAGONAL_1	1576,596	0,602	810	1,857	Pp+V
DIAGONAL_2	1576,576	0,706	930	1,857	Pp+V
ANILLOS 1-3	1744,049	0,666	432	0,000	Pp+V
ANILLOS 4-10	1117,195	0,427	200	0,205	Pp+V

Tabla 32 Localización del máximo valor de tensión equivalente de Von Mises σ_{eq} y por consiguiente del elemento más desfavorable

FAMILIA ESTUDIADA	Frame	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3	Sección
DIAGONAL_1	810	Pp+V	-6,514	0,000	0	0,269	0	-6,043	1,857
DIAGONAL_2	930	Pp+V	-6,510	0,000	0,000	-0,269	0,000	-6,043	1,857
ANILLOS 1-3	432	Pp+V	5,527	0,177	3,118	-0,028	4,706	0,310	0,000
ANILLOS 4-10	200	Pp+V	12,450	0,001	-0,651	0,040	10,809	0,767	0,205

Tabla 33 Valores obtenidos de SAP2000 para cada barra

Puede observarse que los elementos se encuentran en la peor situación para la combinación de cálculo de 1.35G+1.5V. Además, cabe remarcar que los elementos más desfavorables de cada familia cumplen la comprobación del ELU de Resistencia de las secciones y, por consiguiente, todos los elementos de la estructura cumplen dicho ELU.

2.5.1.2. Estado Límite Último de Pandeo

En este apartado se comprueba el ELU de Pandeo para las barras más desfavorables de los dos subconjuntos de diagonales, tanto del bloque de Diagonales_1 como del bloque de Diagonales_2. Posteriormente observa que el máximo axil de compresión y el máximo momento resultante es igual en ambos subconjuntos, resultado esperado ya que la estructura estudiada es una estructura simétrica, al igual que la presión ejercida por el viento sobre ella y el peso propio de la misma.

Dentro del subconjunto de Diagonales_1 se ha realizado la comprobación para las barras: 821 en las secciones $x=0m$ y $x=1.631m$ y para la barra 810 en la sección $x=1.857m$. la comprobación para el subconjunto de Diagonales_2 se ha realizado en las barras: 901 en las secciones $x=0m$ y $x=1.631m$ y para la barra 930 en la sección $x=1.857m$.

La comprobación se ha efectuado siguiendo las indicaciones recogidas en el Código Técnico de la Edificación. En particular, el subapartado 6.3.4.2 recoge las comprobaciones para elementos comprimidos y flectados. Además de consultar el subapartado anterior, se ha tenido en cuenta todas las especificaciones necesarias para el cálculo de las diferentes variables que intervienen en dichas comprobaciones, las cuales se encuentran recogidas en diferentes apartados del Código Técnico de la Edificación.

En el caso que nos ocupa, una estructura metálica constituida por barras con sección uniforme y afectadas por un axil constante y un momento flector variable. Las comprobaciones que se deben realizar de acuerdo con el CTE son las siguientes:

“Para toda pieza:

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

Además, en piezas no susceptibles de pandeo por torsión:

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

Finalmente, para piezas que sean susceptibles de pandeo por torsión:

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

donde

$N_{Ed}, M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ son los valores de la fuerza axial y los momentos de cálculo de mayor valor absoluto del elemento estudiado,

los valores de $A', W_y, W_z, \alpha_y, \alpha_z, e_{N,y}, e_{N,z}$ están indicados a continuación (Tabla 34):

Como se está trabajando con una sección de Clase 3, en la tabla siguiente se observan remarcados los valores útiles para la realización de la comprobación de pandeo.

Clase	A*	W _y	W _z	α _y	α _z	e _{N,y}	e _{N,z}
1	A	W _{pl,y}	W _{pl,z}	0,6	0,6	0	0
2	A	W _{pl,y}	W _{pl,z}	0,6	0,6	0	0
3	A	W _{el,y}	W _{el,z}	0,8	1	0	0
4	A _{eff}	W _{eff,y}	W _{eff,z}	0,8	1	Según pieza y tensiones	Según pieza y tensiones

Tabla 34 Términos de comprobación, según peor clase de sección en la pieza (Fuente: CTE, tabla 6.12, pag.339)

χ_y, χ_z son los coeficientes de pandeo para las dos direcciones críticas de pandeo,

donde

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}}$$

y

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}}$$

además, respectivamente:

$$\phi_y = 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + \bar{\lambda}_y^2)$$

$$\phi_z = 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + \bar{\lambda}_z^2)$$

siendo

α el coeficiente de imperfección elástica, cuyo valor es extraído a partir de la tabla recomendada por el CTE. Además, puede observarse que en la tabla siguiente dependiendo del tipo de perfil utilizado el coeficiente de imperfección elástica se extrae de una curva diferente (Tabla 35):

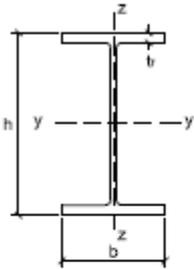
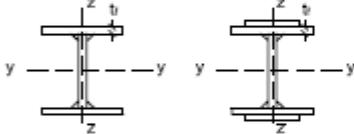
Tipo de sección	Tipo de acero		S235	S355	S450	
	Eje de pandeo ⁽¹⁾		y	z	y	z
Perfiles laminados en I 	h/b > 1,2	t ≤ 40 mm	a	b	a ₀	a ₀
		40 mm < t ≤ 100 mm	b	c	a	a
	h/b ≤ 1,2	t ≤ 100 mm	b	c	a	a
		t > 100 mm	d	d	c	c
Perfiles armados en I 	t ≤ 40 mm		b	c	b	c
	t > 40 mm		c	d	c	d
Agrupación de perfiles laminados soldados 			c	c	c	c
Tubos de chapa simples o agrupados 	laminados en caliente		a	a	a ₀	a ₀
		conformados en frío	c	c	c	c

Tabla 35 Curva de pandeo en función de la sección transversal (Fuente: CTE, tabla 6.1, pag.325)

Como el perfil utilizado es un perfil tubular redondo hueco y laminado en caliente las curvas útiles son las de tipo a tanto para el plano de pandeo y como el plano de pandeo z, por lo que el valor de α puede observarse en la tabla siguiente (Tabla 36):

Esbeltez reducida	Curva de pandeo				
	a ₀	a	b	c	d
Coefficiente (α) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

Tabla 36 Valores de α dependiendo de la curva de pandeo (Fuente: Apuntes de Tecnología de la Construcción)

Donde:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_{lim}} \quad \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_{lim}} \quad \text{con} \quad \lambda_{lim} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{f_y}}$$

siendo:

$$\lambda_y = \frac{\beta_y \cdot L}{i_y} \quad \lambda_z = \frac{\beta_z \cdot L}{i_z}$$

λ_y, λ_z las esbelteces mecánicas para el plano de pandeo xz (flectando respecto del eje z) y para el plano de pandeo xy (flectando respecto del eje y).

L es la longitud entre apoyos del elemento al que se le realiza la comprobación de pandeo.

β_y, β_z dos coeficientes que son dependientes de las condiciones de apoyo que tenga el elemento, es decir, de las restricciones de los extremos de la pieza estudiada en cada plano de pandeo.

i_y, i_z son los radios de giro de la sección respecto a los ejes principales (respectivamente y, z).

χ_{LT} es el coeficiente de pandeo lateral, que como se está trabajando con una estructura que no es susceptible de pandeo lateral se adopta como valor recomendado $\chi_{LT} = 1$.

$e_{N,y}, e_{N,z}$ desplazamientos del centro de gravedad de la sección transversal efectiva con respecto a la posición del centro de gravedad de la sección transversal bruta."

λ_{lim} , es el valor de la esbeltez límite que para el acero S275JR resulta:

$$\lambda_{lim} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2100000}{2750}} = 86.8121$$

Los coeficientes k_y, k_z, k_{yLT} se indican en la Tabla 37 mostrada a continuación:

Clase	Tipo de sección	k_y	k_z	k_{yLT}
1 y 2	I, H, abiertas Hueca delgada	$1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{C,Rd}}$	$1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$ $1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$	el menor de $1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{(c_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$ $0,6 + \bar{\lambda}_z$
3 y 4	Todas	$1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{C,Rd}}$	$1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$	$1 - \frac{0,05 \cdot \bar{\lambda}_z}{(c_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$

siendo

$\bar{\lambda}_y$ y $\bar{\lambda}_z$ valores de las esbelteces reducidas para los ejes $y - y$ y $z - z$, no mayores que 1,00.

$$N_{C,Rd} = A^* \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

Tabla 37 Coeficientes de interacción según peor clase de sección en la pieza (Fuente: CTE, tabla 6.13, pag.340)

Los factores de momento flector uniforme equivalente $c_{m,y}$, $c_{m,z}$, $c_{m,LT}$ se obtienen de la tabla siguiente (tabla 38):

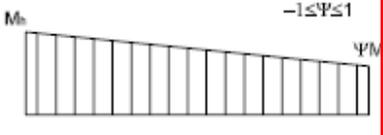
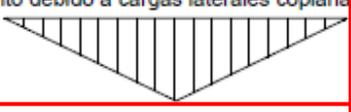
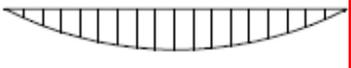
Factor de momento flector	Eje de flexión	Puntos arriostrados en dirección
$c_{m,y}$	y-y	z-z
$c_{m,z}$	z-z	y-y
$c_{m,LT}$	y-y	y-y
Diagrama de Flectores	Factor de momento uniforme equivalente $c_{m,y} = c_{m,i} (i=y)$ $c_{m,z} = c_{m,i} (i=z)$ $c_{m,LT} = c_{m,i} (i=LT)$	
Momentos de extremo 	$c_{m,i} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi \geq 0,4$	
Momento debido a cargas laterales coplanarias 	$c_{m,i} = 0,9$	
	$c_{m,i} = 0,95$	

Tabla 38 Coeficientes del momento equivalente (Fuente: CTE, tabla 6.14, pag.341)

En primer lugar, se calcula la esbeltez dependiendo del plano de pandeo y por consiguiente la esbeltez reducida para cada plano. En particular para la estructura objeto de estudio se utilizan perfiles tubulares para los cuales el pandeo es igual en ambos ejes:

Diagonales_1	$\lambda_y = \lambda_z$	$\lambda_{y,r} = \lambda_{z,r}$	Diagonales_2	$\lambda_y = \lambda_z$	$\lambda_{y,r} = \lambda_{z,r}$
BARRA 821 (x=0m)	97,961	1,128	BARRA 901 (x=0m)	97,961	1,128
BARRA 821 (x=1,631m)	97,961	1,128	BARRA 901 (x=1,631m)	97,961	1,128
BARRA 810 (x=1,857m)	111,526	1,285	BARRA 930 (x=1,857m)	111,526	1,285

Tabla 39 Valores de esbeltez y de esbeltez reducida para las barras más desfavorables de cada familia

Llegado a este punto, se realiza la primera comprobación parcial de pandeo. Esta comprobación dice que para barras afectadas por compresión el valor de la esbeltez reducida no debe superar un valor de 2. Como puede observarse en la tabla anterior (Tabla 39), esta comprobación se cumple para las tres barras estudiadas de cada familia.

Ahora se calculan los coeficientes de pandeo χ_y (Tabla 40):

Diagonales_1	α	$\phi_y = \phi_z$	$\chi_y = \chi_z$	Diagonales_2	α	$\phi_y = \phi_z$	$\chi_y = \chi_z$
BARRA 821 (x=0m)	0,21	1,234	0,577	BARRA 901 (x=0m)	0,21	1,234	0,577
BARRA 821 (x=1,631m)	0,21	1,234	0,577	BARRA 901 (x=1,631m)	0,21	1,234	0,577
BARRA 810 (x=1,857m)	0,21	1,439	0,479	BARRA 930 (x=1,857m)	0,21	1,439	0,479

Tabla 40 Valores del coeficiente de pandeo para las diferentes barras estudiadas

Una vez obtenido el valor del coeficiente de pandeo se determinan los coeficientes restantes para poder realizar la comprobación del ELU de Pandeo, estos son: $c_{m,y}$, $c_{m,z}$, k_y , k_z , los cuales se pueden observar a continuación (Tabla 41):

Diagonales_1	α_y	α_z	$c_{m,y} = c_{m,z}$	$k_y = k_z$	Diagonales_2	α_y	α_z	$c_{m,y} = c_{m,z}$	$k_y = k_z$
BARRA 821 (x=0m)	0,8	1	0,95	1,174	BARRA 901 (x=0m)	0,8	1	0,95	1,174
BARRA 821 (x=1,631m)	0,8	1	0,95	1,174	BARRA 901 (x=1,631m)	0,8	1	0,95	1,174
BARRA 810 (x=1,857m)	0,8	1	0,95	1,023	BARRA 930 (x=1,857m)	0,8	1	0,95	1,023

Tabla 41 Valores de los factores de momento flector uniforme equivalente $c_{m,y}$, $c_{m,z}$, de los coeficientes k_y , k_z y de α_y , α_z

Antes de realizar la comprobación final, se calculan también los coeficientes relacionados con el pandeo lateral, ya que, aunque no sea una estructura susceptible de pandeo lateral se va a llevar a cabo su comprobación (Tabla 42):

Diagonales_1	χ_{LT}	c_{mLT}	k_{yLT}	Diagonales_2	χ_{LT}	c_{mLT}	k_{yLT}
BARRA 821 (x=0m)	1	0,95	0,979	BARRA 901 (x=0m)	1	0,95	0,979
BARRA 821 (x=1,631m)	1	0,95	0,979	BARRA 901 (x=1,631m)	1	0,95	0,979
BARRA 810 (x=1,857m)	1	0,95	0,998	BARRA 930 (x=1,857m)	1	0,95	0,998

Tabla 42 Valores de los coeficientes relacionados con el pandeo lateral

Finalmente, se realizan las comprobaciones del ELU de Pandeo, cuyo resultado se muestra en la tabla siguiente (Tabla 43):

Diagonales_1	Comprobaciones	Cumple/No Cumple	Diagonales_2	Comprobaciones	Cumple/No Cumple
BARRA 821 (x=0m)	0,257	CUMPLE	BARRA 901 (x=0m)	0,257	CUMPLE
	0,257	CUMPLE		0,257	CUMPLE
	0,257	CUMPLE		0,257	CUMPLE
BARRA 821 (x=1,631m)	0,446	CUMPLE	BARRA 901 (x=1,631m)	0,446	CUMPLE
	0,408	CUMPLE		0,408	CUMPLE
	0,423	CUMPLE		0,423	CUMPLE
BARRA 810 (x=1,857m)	0,601	CUMPLE	BARRA 930 (x=1,857m)	0,601	CUMPLE
	0,487	CUMPLE		0,487	CUMPLE
	0,611	CUMPLE		0,611	CUMPLE

Tabla 43 Comprobaciones del ELU de Pandeo

2.5.2. Estados Límite de Servicio

De acuerdo con el CTE queda definido Estado Límite de Servicio como: “Estado más allá del que no se satisfacen los requisitos de servicio establecidos.”

Además, “en el proyecto se debe justificar que, bajo valores representativos de las acciones, y en situaciones persistentes no se alcance el estado límite de servicio en cualquiera de las estructuras, viales o servicios que afecten a la zona del entorno de la excavación.”

Como Estados Límite de Servicio deben considerarse:

-Las deformaciones (flechas, asientos o desplomes) que afecten a la apariencia de la estructura o al funcionamiento de los de las instalaciones o equipos.

-Los daños o el deterioro que pueda afectar desfavorablemente a la apariencia o a la funcionalidad de la estructura.

2.5.2.1. Criterio de Apariencia

De acuerdo con el CTE: “para la comprobación del Criterio de Apariencia se admite que la estructura tiene suficiente rigidez lateral si ante cualquier combinación de acciones casi permanente, el desplome relativo local es menor que 1/250.”

La comprobación de este apartado se ha realizado directamente sobre los nudos más desfavorables de cada tramo de la estructura, los cuales, han sido obtenidos a partir del software de cálculo estructural SAP2000. Para la realización, concretamente se ha tenido en cuenta el movimiento en el eje z (movimiento vertical de los nudos). Este parámetro es el desplazamiento relativo ($\delta_{rel,z}$).

El valor del desplazamiento relativo para los nudos más desfavorables de cada tramo se muestra a continuación (Tabla 44):

Tramos estudiados	Joint	OutputCase	$\delta_{rel,x}$	$\delta_{rel,y}$	$\delta_{rel,z}$
Tramo 1	83	Pp (ELS-apariencia)	0,00000003	0,00000187	-0,00004408
Tramo 2	37	Pp (ELS-apariencia)	0,00000125	-0,00000122	-0,00008241
Tramo 3	162	Pp (ELS-apariencia)	0,00000066	0,00000077	-0,00011530
Tramo 4	370	Pp (ELS-apariencia)	0,00000122	-0,00000158	-0,00013709
Tramo 5	436	Pp (ELS-apariencia)	0,00000085	-0,00000193	-0,00015601
Tramo 6	477	Pp (ELS-apariencia)	-0,00000326	0,00000066	-0,00017842
Tramo 7	573	Pp (ELS-apariencia)	0,00000037	-0,00000009	-0,00019075
Tramo 8	636	Pp (ELS-apariencia)	0,00000025	0,00000029	-0,00020038
Tramo 9	704	Pp (ELS-apariencia)	-0,00000195	0,00000379	-0,00020871
Tramo 10	12	Pp (ELS-apariencia)	-0,00000166	-0,00000219	-0,00021101

Tabla 44 Valores de los desplazamientos relativos en los nudos más desfavorables de cada tramo

A continuación, se realiza la comprobación del ELS de Deformación para el Criterio de Apariencia, con ayuda de la fórmula recomendada por el CTE:

$$f_r = \frac{\delta_{rel,z}}{L_{barra}}$$

En la tabla siguiente se muestran los resultados de la comprobación del Criterio de Apariencia (Tabla 45):

Tramos estudiados	Nudo más desfavorable	L_{barra}	$\delta_{rel,z}$	Combinación	f_r	COMPROBACIÓN
Tramo 1	83	3,2620	-0,00004	Pp (ELS-apariencia)	0,00001	CUMPLE
Tramo 2	37	3,2619	-0,00008	Pp (ELS-apariencia)	0,00003	CUMPLE
Tramo 3	162	3,2621	-0,00012	Pp (ELS-apariencia)	0,00004	CUMPLE
Tramo 4	370	2,5004	-0,00014	Pp (ELS-apariencia)	0,00005	CUMPLE
Tramo 5	436	2,5003	-0,00016	Pp (ELS-apariencia)	0,00006	CUMPLE
Tramo 6	477	3,4021	-0,00018	Pp (ELS-apariencia)	0,00005	CUMPLE
Tramo 7	573	2,7862	-0,00019	Pp (ELS-apariencia)	0,00007	CUMPLE
Tramo 8	636	2,6492	-0,00020	Pp (ELS-apariencia)	0,00008	CUMPLE
Tramo 9	704	2,9014	-0,00021	Pp (ELS-apariencia)	0,00007	CUMPLE
Tramo 10	12	3,7138	-0,00021	Pp (ELS-apariencia)	0,00006	CUMPLE

Tabla 45 Comprobación del ELS según el Criterio de Apariencia

Como se observa en la tabla anterior, la estructura cumple el ELS de Deformación de acuerdo con el Criterio de Apariencia.

2.5.2.2. Criterio de Integridad

Cuando se considera la integridad de los elementos que conforman una estructura, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral si ante cualquier combinación de acciones característica el desplome (δ) es menor que:

$$\delta_{total} < \frac{1}{500} \text{ de la altura total del edificio}$$

$$\delta_{local} < \frac{1}{250} \text{ de la altura de la planta}$$

En la figura siguiente (Figura 22) puede observarse la diferencia entre desplome total y local:

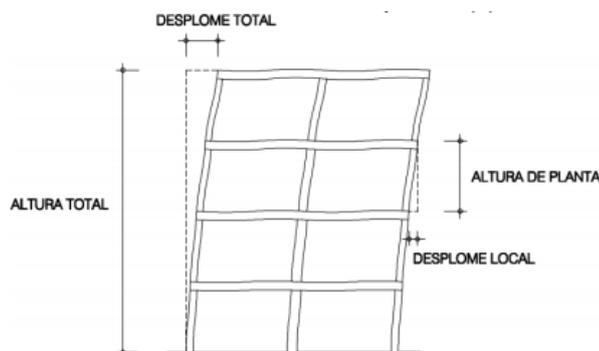


Fig. 22 Desplomes (Fuente: Apuntes de la asignatura de Tecnología de la Construcción)

Para el caso que nos ocupa se ha realizado la comprobación de desplomes locales a partir de los movimientos obtenidos directamente desde el software de cálculo SAP2000.

A partir de dichos movimientos, se ha calculado la resultante del desplazamiento horizontal como:

$$\delta_{rel} = \sqrt{\delta_{rel,x}^2 + \delta_{rel,y}^2}$$

Los valores del desplazamiento relativo del nudo más desfavorable de cada tramo pueden observarse en la tabla siguiente (Tabla 46):

Tramos estudiados	Joint	OutputCase	$\delta_{rel,x}$	$\delta_{rel,y}$	$\delta_{rel,z}$	δ_{rel}
Tramo 1	51	V(ELS-integridad)	-0,0124003	0,0000002	-0,0013134	0,0124003
Tramo 2	266	V(ELS-integridad)	-0,0143915	0,0000241	-0,0014585	0,0143916
Tramo 3	266	V(ELS-integridad)	-0,0143915	0,0000241	-0,0014585	0,0143916
Tramo 4	349	V(ELS-integridad)	-0,0164771	0,0000268	-0,0015713	0,0164772
Tramo 5	349	V(ELS-integridad)	-0,0164771	0,0000268	-0,0015713	0,0164772
Tramo 6	419	V(ELS-integridad)	-0,0137392	0,0000021	-0,0014089	0,0137392
Tramo 7	484	V(ELS-integridad)	-0,0080407	0,0000723	-0,0010454	0,0080410
Tramo 8	553	V(ELS-integridad)	-0,0036468	-0,0000010	-0,0010201	0,0036468
Tramo 9	684	V(ELS-integridad)	0,00631098	-0,0000028	-0,0012489	0,0063110
Tramo 10	20	V(ELS-integridad)	0,0096691	0,0001075	-0,0013973	0,0096697

Tabla 46 Valores del desplazamiento relativo del nudo más desfavorable de cada tramo

Una vez obtenido el desplazamiento relativo para cada nudo se calcula siguiendo la recomendación del CTE el desplome relativo local con la siguiente ecuación:

$$\delta_{rel,local} = \frac{\delta_{rel}}{Altura_{planta}}$$

Finalmente, una vez obtenido el valor del desplome relativo se realiza la comprobación del ELS de Deformación según el Criterio de Integridad (Tabla 47):

Tramos estudiados	Nudo más desfavorable	Altura _{planta}	$\delta_{rel.}$	Combinación	$\delta_{rel,local}$	COMPROBACIÓN
Tramo 1	51	3,2366	0,01240	V(ELS-integridad)	0,00383	CUMPLE
Tramo 2	266	3,2366	0,00199	V(ELS-integridad)	0,00062	CUMPLE
Tramo 3	266	3,2366	0,00089	V(ELS-integridad)	0,00028	CUMPLE
Tramo 4	349	2,4809	0,00298	V(ELS-integridad)	0,00120	CUMPLE
Tramo 5	349	2,4809	0,00278	V(ELS-integridad)	0,00112	CUMPLE
Tramo 6	419	3,3756	0,00276	V(ELS-integridad)	0,00082	CUMPLE
Tramo 7	484	2,7646	0,00566	V(ELS-integridad)	0,00205	CUMPLE
Tramo 8	553	2,6286	0,00435	V(ELS-integridad)	0,00166	CUMPLE
Tramo 9	684	2,8788	0,00540	V(ELS-integridad)	0,00188	CUMPLE
Tramo 10	20	3,6850	0,00337	V(ELS-integridad)	0,00091	CUMPLE

Tabla 47 Comprobación del ELS de Deformación según el Criterio de Integridad

Como puede observarse en la tabla anterior, la estructura estudiada cumple el ELS de Deformación acuerdo con el Criterio de Integridad.

2.6. Reducción de peso de la estructura

Atendiendo a los resultados obtenidos en las comprobaciones realizadas hasta este punto se decide realizarle una reducción de peso a la estructura, y por consiguiente una reducción del coste total de la misma.

Para ello, se opta por la modificación de los perfiles que conforman las dos familias de diagonales (Diagonales_1 y Diagonales_2), concretamente se reduce en 2 mm el espesor de las mismas, pasando de un perfil $\varnothing 100.6$ a uno $\varnothing 100.4$.

Las propiedades del nuevo perfil se muestran en la tabla siguiente (Tabla 48):

Perfil	Dimensiones			Términos de sección						Peso
	d(mm)	e(mm)	u(mm)	A(cm ²)	S(cm ³)	I(cm ⁴)	W(cm ³)	i(cm)	It(cm ⁴)	
100.4	100	4	314	12,1	18,4	139	27,8	3,39	278	9,47

Tabla 48 Propiedades del nuevo perfil utilizado ($\varnothing 100.4$)

El cálculo del peso total de acero que se ha reducido ha sido realizado mediante la suma de las reacciones obtenidas debido al peso propio de la estructura.

A continuación, se muestran dos tablas en las que viene indicado el peso propio de la estructura antes y después de la reducción del perfil utilizado en las diagonales (Tabla 49 y 50):

Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
2	Peso Propio	1,069224516	-0,00017846	9,815914522	0	0	0
4	Peso Propio	0,927336273	0,535212006	9,828870124	0	0	0
5	Peso Propio	0,53523959	0,927414282	9,829576651	0	0	0
8	Peso Propio	-0,00018774	1,069311339	9,816668457	0	0	0
9	Peso Propio	-0,53448407	0,926065134	9,816031963	0	0	0
11	Peso Propio	-0,9271693	0,535515988	9,828935355	0	0	0
13	Peso Propio	-1,0707767	-0,0001338	9,829512434	0	0	0
15	Peso Propio	-0,92595079	-0,53479766	9,816531981	0	0	0
17	Peso Propio	-0,53472062	-0,92591094	9,815897636	0	0	0
19	Peso Propio	-0,00014188	-1,07070534	9,828892253	0	0	0
21	Peso Propio	0,535518696	-0,92725574	9,829597007	0	0	0
23	Peso Propio	0,926112011	-0,53453681	9,81661336	0	0	0
				11559,39665			

Tabla 49 Peso de la estructura de acero utilizando un perfil de acero del tipo $\emptyset 100.6$

Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
2	Peso Propio	0,865849419	-0,000214372	8,033468341	0	0	0
4	Peso Propio	0,751597255	0,433693167	8,050115924	0	0	0
5	Peso Propio	0,433744407	0,751691226	8,051045651	0	0	0
8	Peso Propio	-0,00022989	0,865961418	8,034441429	0	0	0
9	Peso Propio	-0,432761162	0,749956841	8,033580514	0	0	0
11	Peso Propio	-0,751385517	0,434076329	8,050188247	0	0	0
13	Peso Propio	-0,867850355	-0,000179259	8,05099767	0	0	0
15	Peso Propio	-0,749822769	-0,433163105	8,03431632	0	0	0
17	Peso Propio	-0,433072982	-0,74975955	8,033449038	0	0	0
19	Peso Propio	-0,000193824	-0,867752022	8,050142993	0	0	0
21	Peso Propio	0,434092421	-0,751494818	8,051080408	0	0	0
23	Peso Propio	0,750032997	-0,432815855	8,03439088	0	0	0
				9464,125037			

Tabla 50 Peso de la estructura de acero utilizando un perfil del tipo $\emptyset 100.4$

Como puede observarse en las tablas anteriores se ha reducido el peso de 11600 kg a 9464,125 kg. La reducción de 2135,875kg de estructura de acero supone un 18,41% del peso inicial.

A continuación, se van a realizar de nuevo las comprobaciones tanto de los ELU como de los ELS de forma que quede garantizada la seguridad de las personas para el nuevo perfil utilizado. Para ello, se sigue la metodología seguida hasta este punto.

2.6.1. Comprobación Estado Límite Último de Resistencia

A partir del valor de las fuerzas actuantes obtenidas directamente del software de cálculo SAP2000. Estas fuerzas se muestran en la tabla siguiente (Tabla 51) para las barras más desfavorables de cada familia:

FAMILIA ESTUDIADA	Barra	Sección	Combinación	P	V2	V3	T	M2	M3
DIAGONAL_1	810	1,857	Pp+V	-6,154	0,000	0,000	0,193	0,000	-6,055
DIAGONAL_2	930	1,857	Pp+V	-6,150	0,000	0,000	-0,193	0,000	-6,055
ANILLOS 1-3	432	0,000	Pp+V	6,093	0,189	3,134	-0,027	5,003	0,338
ANILLOS 4-10	200	0,205	Pp+V	12,233	0,001	-0,640	0,040	10,583	0,764

Tabla 51 Valor de las fuerzas obtenidas de SAP2000 para las barras más desfavorables de cada familia

Seguidamente, se lleva a cabo el cálculo de la tensión equivalente de Von Mises (σ_{eq}), cuyos valores se pueden observar en la tabla siguiente (Tabla 52):

FAMILIA ESTUDIADA	Frame	M_R	Tensión normal (σ_x)	Tensión tg cortante (τ_{xy})	Tensión tg cortante (τ_{xz})	Tensión tg torsor ($\tau_{x\theta}$)	Von Mises (σ_{eq})
DIAGONAL_1	810	6,055	2228,972	0,000	0,000	34,779	2229,786
DIAGONAL_2	930	6,055	2228,938	0,000	0,000	34,771	229,751
ANILLOS 1-3	432	5,015	1854,205	2,345	38,850	4,806	1855,916
ANILLOS 4-10	200	10,611	1094,083	0,007	3,414	1,978	1094,123

Tabla 52 Valor de la tensión equivalente de Von Mises para la barra más desfavorable de cada familia

Finalmente, se comprueba el ELU de Resistencia, realizando la comprobación de la tensión equivalente de Von Mises (Tabla 53):

FAMILIA ESTUDIADA	BARRA	Sección	MAX σ_{eq}	σ_{eq}/f_{yd}	Comprobación $\sigma_{eq}/f_{yd} < 1$
DIAGONAL_1	810	1,857	2229,786	0,851	Cumple
DIAGONAL_2	930	1,857	2229,751	0,851	Cumple
ANILLOS 1-3	432	0,000	1855,916	0,709	Cumple
ANILLOS 4-10	200	0,205	1094,123	0,418	Cumple

Tabla 53 Comprobación ELU de Resistencia

Como se observa en la tabla anterior, la barra más desfavorable de cada tramo cumple el ELU de Resistencia y, por consiguiente, todas las barras que conforman la torre cumplen también el ELU de Resistencia.

2.6.2. Comprobación Estado Límite Último de Pandeo

En este punto se realiza la comprobación del ELU de Pandeo para las dos familias de diagonales. Además, se sigue la misma metodología que en el punto 1.5.1.2. del presente proyecto.

En primer lugar, se determina el valor de las esbelteces reducidas para cada plano de pandeo a partir del valor de la esbeltez y de la esbeltez límite (Tabla 54), además, se realiza la primera comprobación parcial ya que de acuerdo con el CTE las barras sometidas a compresión deberán tener un valor de esbeltez reducida inferior a 2.

Diagonales_1	$\lambda_y = \lambda_z$	$\underline{\lambda}_y = \underline{\lambda}_z$	Diagonales_2	$\lambda_y = \lambda_z$	$\underline{\lambda}_y = \underline{\lambda}_z$	$\underline{\lambda}_y = \underline{\lambda}_z < 2$
BARRA 821 (x=0m)	97,961	1,108	BARRA 901 (x=0m)	97,961	1,128	Cumple
BARRA 821 (x=1,631m)	97,961	1,108	BARRA 901 (x=1,631m)	97,961	1,128	Cumple
BARRA 810 (x=1,857m)	111,526	1,262	BARRA 930 (x=1,857m)	111,526	1,285	Cumple

Tabla 54 Valores de la esbeltez, la esbeltez límite y la esbeltez reducida

Seguidamente, se calculan los coeficientes de pandeo (Tabla 55):

Diagonales_1	α	$\phi_y = \phi_z$	$\chi_y = \chi_z$	Diagonales_2	α	$\phi_y = \phi_z$	$\chi_y = \chi_z$
BARRA 821 (x=0m)	0,21	1,210	0,590	BARRA 901 (x=0m)	0,21	1,234	0,577
BARRA 821 (x=1,631m)	0,21	1,210	0,590	BARRA 901 (x=1,631m)	0,21	1,234	0,577
BARRA 810 (x=1,857m)	0,21	1,408	0,492	BARRA 930 (x=1,857m)	0,21	1,439	0,479

Tabla 55 Valores de los coeficientes de pandeo χ_y y χ_z

Una vez obtenidos los coeficientes de pandeo, se calculan el resto de los parámetros necesarios para la realización de las comprobaciones de pandeo (Tabla 56):

Diagonales_1	α_y	α_z	$c_{m,y} = c_{m,z}$	$k_y = k_z$	Diagonales_2	α_y	α_z	$c_{m,y} = c_{m,z}$	$k_y = k_z$
BARRA 821 (x=0m)	0,8	1	0,95	1,231	BARRA 901 (x=0m)	0,8	1	0,95	1,174
BARRA 821 (x=1,631m)	0,8	1	0,95	1,231	BARRA 901 (x=1,631m)	0,8	1	0,95	1,174
BARRA 810 (x=1,857m)	0,8	1	0,95	1,030	BARRA 930 (x=1,857m)	0,8	1	0,95	1,023

Tabla 56 Valores del resto de parámetros para el cálculo del ELU de Pandeo

A continuación, se calculan los coeficientes de pandeo lateral (Tabla 57), y finalmente se realiza la comprobación del ELU de Pandeo (Tabla 58):

Diagonales_1	χ_{LT}	c_{mLT}	k_{yLT}	Diagonales_2	χ_{LT}	c_{mLT}	k_{yLT}
BARRA 821 (x=0m)	1	0,95	0,972	BARRA 901 (x=0m)	1	0,95	0,979
BARRA 821 (x=1,631m)	1	0,95	0,972	BARRA 901 (x=1,631m)	1	0,95	0,979
BARRA 810 (x=1,857m)	1	0,95	0,997	BARRA 930 (x=1,857m)	1	0,95	0,998

Tabla 57 Coeficientes de pandeo lateral

Diagonales_1	Comprobaciones	Cumple/No Cumple	Diagonales_2	Comprobaciones	Cumple/No Cumple
BARRA 821 (x=0m)	0,245	CUMPLE	BARRA 901 (x=0m)	0,257	CUMPLE
	0,245	CUMPLE		0,257	CUMPLE
	0,245	CUMPLE		0,257	CUMPLE
BARRA 821 (x=1,631m)	0,443	CUMPLE	BARRA 901 (x=1,631m)	0,446	CUMPLE
	0,404	CUMPLE		0,408	CUMPLE
	0,410	CUMPLE		0,423	CUMPLE
BARRA 810 (x=1,857m)	0,603	CUMPLE	BARRA 930 (x=1,857m)	0,601	CUMPLE
	0,488	CUMPLE		0,487	CUMPLE
	0,610	CUMPLE		0,611	CUMPLE

Tabla 58 Comprobación ELU de Pandeo

Como puede observarse en la tabla anterior (Tabla 58), las tres barras más desfavorables de cada familia estudiada cumplen el ELU de Pandeo, con lo que se confirma que el resto de las barras que conforman la estructura cumplen el ELU de Pandeo.

2.6.3. Comprobación Estado Límite de Servicio. Criterio de Apariencia

En este punto se comprueba el ELS de Apariencia para las diagonales que conforman la estructura. Dicho cálculo se estructura y realiza de forma análoga al realizado en el punto 1.5.2.1. del presente proyecto.

En primer lugar, se obtiene directamente del software de cálculo SAP2000 el valor del desplazamiento relativo ($\delta_{rel,z}$) para los nudos más desfavorables de cada tramo, dicho valor se muestra en la tabla siguiente (Tabla 59):

Tramos estudiados	Joint	OutputCase	$\delta_{rel,x}$	$\delta_{rel,y}$	$\delta_{rel,z}$
Tramo 1	83	Pp(ELS-apariencia)	0,00000017	0,00000174	-0,00003576
Tramo 2	37	Pp(ELS-apariencia)	0,00000107	-0,00000115	-0,00006577
Tramo 3	162	Pp(ELS-apariencia)	0,00000056	0,00000068	-0,00009037
Tramo 4	370	Pp(ELS-apariencia)	0,00000103	-0,00000124	-0,00011350
Tramo 5	436	Pp(ELS-apariencia)	0,00000071	-0,00000170	-0,00013369
Tramo 6	477	Pp(ELS-apariencia)	0,00000108	-0,00000332	-0,00015800
Tramo 7	573	Pp(ELS-apariencia)	0,00000035	0,00000000	-0,00017076
Tramo 8	636	Pp(ELS-apariencia)	-0,00000028	0,00000019	-0,00018105
Tramo 9	704	Pp(ELS-apariencia)	-0,00000194	0,00000376	-0,00019042
Tramo 10	12	Pp(ELS-apariencia)	-0,00000148	-0,00000202	-0,00019257

Tabla 59 Valores de los desplazamientos relativos en los nudos más desfavorables de cada tramo

Realizando la comprobación del ELS de Deformación según el Criterio de Apariencia resulta:

Tramos estudiados	Nudo más desfavorable	L_{barra}	$\delta_{\text{rel.}}$	Combinación	f_r	COMPROBACIÓN
Tramo 1	83	3,2620	-0,00004	Pp(ELS-apariencia)	0,00001	Cumple
Tramo 2	37	3,2619	-0,00007	Pp(ELS-apariencia)	0,00002	Cumple
Tramo 3	162	3,2621	-0,00009	Pp(ELS-apariencia)	0,00003	Cumple
Tramo 4	370	2,5004	-0,00011	Pp(ELS-apariencia)	0,00005	Cumple
Tramo 5	436	2,5003	-0,00013	Pp(ELS-apariencia)	0,00005	Cumple
Tramo 6	477	3,4021	-0,00016	Pp(ELS-apariencia)	0,00005	Cumple
Tramo 7	573	2,7862	-0,00017	Pp(ELS-apariencia)	0,00006	Cumple
Tramo 8	636	2,6492	-0,00018	Pp(ELS-apariencia)	0,00007	Cumple
Tramo 9	704	2,9014	-0,00019	Pp(ELS-apariencia)	0,00007	Cumple
Tramo 10	12	3,7138	-0,00019	Pp(ELS-apariencia)	0,00005	Cumple

Tabla 60 Comprobación ELS de Deformación según el Criterio de Apariencia

Como puede observarse en la tabla anterior, las barras más solicitadas cumplen el ELS de Deformación de acuerdo con el Criterio de Apariencia, por lo tanto, todas las barras que conforman la estructura cumplen y por consiguiente la estructura cumple el ELS de Deformación según el Criterio de Apariencia.

2.6.4. Comprobación Estado Límite de Servicio. Criterio de Integridad

Abordando la comprobación del ELS de Deformación según el Criterio de Integridad, el primer paso realizado es el cálculo del desplazamiento relativo del nudo más desfavorable de cada tramo (Tabla 61):

Tramos estudiados	Joint	OutputCase	$\delta_{\text{rel,x}}$	$\delta_{\text{rel,y}}$	$\delta_{\text{rel,z}}$	δ_{rel}
Tramo 1	51	V(ELS-integridad)	-0,01240	0,00000	-0,00132	0,01240
Tramo 2	266	V(ELS-integridad)	-0,01437	0,00002	-0,00146	0,00197
Tramo 3	266	V(ELS-integridad)	-0,01437	0,00002	-0,00146	0,00087
Tramo 4	349	V(ELS-integridad)	-0,01732	0,00003	-0,00166	0,00382
Tramo 5	349	V(ELS-integridad)	-0,01732	0,00003	-0,00166	0,00362
Tramo 6	419	V(ELS-integridad)	-0,01468	0,00000	-0,00152	0,00182
Tramo 7	484	V(ELS-integridad)	-0,00840	0,00008	-0,00113	0,00530
Tramo 8	553	V(ELS-integridad)	-0,00357	0,00000	-0,00111	0,00443
Tramo 9	684	V(ELS-integridad)	0,00750	0,00000	-0,00137	0,00660
Tramo 10	20	V(ELS-integridad)	0,01111	0,00011	-0,00153	0,00481

Tabla 61 Valores del desplazamiento relativo del nudo más desfavorable de cada tramo

A partir de los valores del desplazamiento relativo de la tabla anterior se determina el desplome relativo para el nudo más desfavorable de cada tramo. Seguidamente, se realiza la comprobación del ELS de Deformación según el Criterio de Integridad (Tabla 62):

Tramos estudiados	Nudo más desfavorable	Altura _{planta}	$\delta_{rel.}$	Combinación	$\delta_{rel,local}$	COMPROBACIÓN $\delta_{rel,local} < 0,004$
Tramo 1	51	3,2366	0,01240	V(ELS-integridad)	0,00383	Cumple
Tramo 2	266	3,2366	0,00197	V(ELS-integridad)	0,00061	Cumple
Tramo 3	266	3,2366	0,00087	V(ELS-integridad)	0,00027	Cumple
Tramo 4	349	2,4809	0,00382	V(ELS-integridad)	0,00154	Cumple
Tramo 5	349	2,4809	0,00362	V(ELS-integridad)	0,00146	Cumple
Tramo 6	419	3,3756	0,00182	V(ELS-integridad)	0,00054	Cumple
Tramo 7	484	2,7646	0,00530	V(ELS-integridad)	0,00192	Cumple
Tramo 8	553	2,6286	0,00443	V(ELS-integridad)	0,00169	Cumple
Tramo 9	684	2,8788	0,00660	V(ELS-integridad)	0,00229	Cumple
Tramo 10	20	3,6850	0,00481	V(ELS-integridad)	0,00131	Cumple

Tabla 62 Comprobación del ELS de Deformación según el Criterio de Integridad

Como se observa en la tabla anterior (Tabla 62) las barras con desplazamientos más desfavorables cumplen el ELS de Deformación según el Criterio de Integridad y, por consiguiente, el resto de las barras que conforman la estructura también lo cumplen.

2.7. Cimentación

Para la realización de este apartado se sigue lo establecido por el CTE SE-C, es decir, el apartado del Código Técnico de la Edificación dedicado al cálculo de los cimientos.

De acuerdo con el CTE: *“El ámbito de aplicación de este DB-C es el de la seguridad estructural, capacidad portante y aptitud al servicio, de los elementos de cimentación y, en su caso, de contención de todo tipo de edificios, en relación con el terreno, independientemente de lo que afecta al elemento propiamente dicho, que se regula en los Documentos Básicos relativos a la seguridad estructural de los diferentes materiales o la instrucción EHE.”*

Además, se define cimentación como la parte de la estructura encargada de transmitir los esfuerzos al terreno donde se ubica la estructura. Por lo que la cimentación se dimensiona en función de dichos esfuerzos, ya que una cimentación resulta útil o bien dimensionada cuando los esfuerzos que transmite al terreno no superan la presión admisible de este.

A continuación, se lleva a cabo el dimensionamiento de la cimentación mediante el método de los Estados Límite, en concreto, se diferencian tres ELU: de Vuelco, de Deslizamiento y de Hundimiento.

“-Estados Límite Últimos: asociados con el colapso total o parcial del terreno o con el fallo estructural de la cimentación.

2.7.1. Estados Límites Últimos

Según el CTE debe considerarse como Estados Límite Últimos los debidos a:

“-Pérdida de la capacidad portante del terreno de apoyo de la cimentación por hundimiento, deslizamiento o vuelco.

-Pérdida de la estabilidad global del terreno en el entorno próximo a la cimentación.

-Pérdida de la capacidad resistente de la cimentación por fallo estructural.

-Fallos originados por efectos que dependen del tiempo (durabilidad del material de la cimentación, fatiga del terreno sometido a cargas variables repetidas).”

2.7.1.1. Comprobación Estado Límite Último de Vuelco

En este apartado se lleva a cabo la comprobación del ELU de Vuelco, es decir, se verifica la estabilidad o equilibrio de la cimentación. Dicha comprobación queda verificada si se cumple que:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$$

Donde

$E_{d,dst}$ es el valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras

$E_{d,stb}$ es el valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras

En un principio solo tenemos seguridad de que el efecto del peso propio es estabilizante, ya que el resto de las acciones respecto de la posible arista de vuelco (parte de la zapata donde es más probable que se produzca el vuelco), pueden manifestar un efecto estabilizante o desestabilizante. Dado que los efectos producidos por las acciones que intervienen en el vuelco de la cimentación son momentos, en la posible arista de giro, la condición de equilibrio puede comprobarse de la siguiente forma:

$$\gamma_{E,dst} \cdot M_{dst} \leq \gamma_{E,stb} \cdot M_{stb}$$

Siendo

$\gamma_{E,dst}$ el coeficiente parcial para el efecto de las acciones desestabilizadoras

$\gamma_{E,stb}$ el coeficiente parcial para el efecto de las acciones estabilizadoras

M_{dst} momentos en la arista de vuelco que producen desestabilidad

M_{stb} momentos en la arista de vuelco que producen estabilidad

Los coeficientes parciales para el efecto de las acciones estabilizadoras y desestabilizadoras se obtienen de la siguiente tabla (Tabla 63):

Situación de dimensionado	Tipo	Materiales		Acciones	
		γ_R	γ_M	γ_E	γ_F
	Hundimiento	3,0 ⁽¹⁾	1,0	1,0	1,0
	Deslizamiento	1,5 ⁽²⁾	1,0	1,0	1,0
	Vuelco ⁽²⁾				
	Acciones estabilizadoras	1,0	1,0	0,9 ⁽³⁾	1,0
	Acciones desestabilizadoras	1,0	1,0	1,8	1,0
	Estabilidad global	1,0	1,8	1,0	1,0
	Capacidad estructural	- ⁽⁴⁾	- ⁽⁴⁾	1,6 ⁽⁵⁾	1,0

Tabla 63 Coeficientes de seguridad parciales (Fuente: CTE DB-C)

Para el caso de la torre se realiza la comprobación de estabilidad de la que se indica a continuación:

$$0.9 \cdot \left(\frac{a^2}{2} \cdot b \cdot h \cdot \gamma_h \right) \geq 1.8 \cdot \left[M_d^h + h \cdot V_d^h - N_d^h \cdot \left(\frac{a}{2} + e_g \right) \right]$$

Siendo

a el ancho de la zapata

b el largo de la zapata

h el canto de la zapata (espesor)

γ_h es el peso específico del hormigón, que en este proyecto se utiliza un hormigón HA-25, es decir, $\gamma_h = 25 \text{ kN/m}^3$.

e_g es la excentricidad de las acciones resultantes

Por lo tanto, para el dimensionamiento de la zapata de la torre estudiada se decide implementar una cimentación en forma de corona circular. Siendo sus dimensiones las siguientes (Tabla 64):

Zapata	R _{ext} (m)	R _{int} (m)	$a=b$ (m)	h (m)	e_g (m)
	3,5	2,5	3,5	0,8	0

Tabla 64 Dimensiones de la zapata

Para poder abordar el cálculo del ELU de Vuelco, es necesario determinar los esfuerzos resultantes en la base de la zapata, entonces a partir de las reacciones obtenidas en los apoyos de la estructura sobre el terreno obtenidas de SAP2000 (Tabla 65):

Joint	OutputCase	CaseType	F1(kN)	F2(kN)	F3(kN)	M1	M2	M3
13	Pp+V(Cimentación)	Combination	5,1408	0,0231	-20,0278	0	0	0
15	Pp+V(Cimentación)	Combination	3,3487	-3,3299	-10,3117	0	0	0
17	Pp+V(Cimentación)	Combination	2,9186	-7,4489	9,0318	0	0	0
19	Pp+V(Cimentación)	Combination	4,8012	-7,0885	19,2395	0	0	0
21	Pp+V(Cimentación)	Combination	3,5817	-1,6315	13,5107	0	0	0
23	Pp+V(Cimentación)	Combination	1,7993	-0,3276	0,5560	0	0	0
2	Pp+V(Cimentación)	Combination	1,0235	0,0001	-5,5545	0	0	0
4	Pp+V(Cimentación)	Combination	1,7952	0,3338	0,5756	0	0	0
5	Pp+V(Cimentación)	Combination	3,5579	1,6307	13,4878	0	0	0
8	Pp+V(Cimentación)	Combination	4,7781	7,0643	19,2109	0	0	0
9	Pp+V(Cimentación)	Combination	2,9291	7,4258	9,0501	0	0	0
11	Pp+V(Cimentación)	Combination	3,3765	3,3486	-10,2656	0	0	0

Tabla 65 Valor de las reacciones obtenidas directamente de SAP2000

Con el valor de las reacciones se calcula el valor de las acciones en la parte superior de la zapata y el valor del momento resultante, axil resultante y cortante resultante, para ello primero se calcula la posición de cada apoyo y mediante un producto vectorial se consigue obtener la resultante de fuerzas en el centro de gravedad de la zapata (Tabla 66 y 67):

CÁLCULO POSICIÓN	Ángulo (Rad.)	r_x	r_y	r_z
Nudo 13	0	3	0	0
Nudo 15	0,524	2,598	1,500	0
Nudo 17	1,047	1,500	2,598	0
Nudo 19	1,571	0	3	0
Nudo 21	2,094	-1,500	2,598	0
Nudo 23	2,618	-2,598	1,500	0
Nudo 2	3,142	-3	0	0
Nudo 4	3,665	-2,598	-1,500	0
Nudo 5	4,189	-1,500	-2,598	0
Nudo 8	4,712	0	-3	0
Nudo 9	5,236	1,500	-2,598	0
Nudo 11	5,760	2,598	-1,500	0

Tabla 66 Posición de los apoyos sobre la zapata

NUDOS	M_R	M_T	N
Nudo 13	60,084	0,069	-20,028
Nudo 15	30,935	-13,674	-10,312
Nudo 17	27,096	-18,756	9,032
Nudo 19	57,718	-14,404	19,239
Nudo 21	40,532	-6,858	13,511
Nudo 23	1,668	-1,848	0,556
Nudo 2	16,663	0	-5,554
Nudo 4	1,727	1,826	0,576
Nudo 5	40,464	6,798	13,488
Nudo 8	57,633	14,334	19,211
Nudo 9	27,150	18,749	9,050
Nudo 11	30,797	13,765	-10,266

 Tabla 67 Valores de momento resultante (M_R), momento torsor (M_T) y axil (N) en el centro de gravedad diferenciando el origen de estos

Con lo que las acciones en el centro de gravedad de la zapata resultan (Tabla 68):

Centro de Gravedad	M_x (kN.m)	M_y (kN.m)	M_z (kN.m)	F_x (kN)	F_y (kN)	F_z (kN)
$x=0, y=0, z=0$	0,000	-113,196	0,000	-39,050	0,000	-38,503

Tabla 68 Acciones según eje de actuación en el centro de gravedad de la zapata

Y, por consiguiente, los esfuerzos en la base de la zapata son (Tabla 69):

Base de la zapata	M_x (kN.m)	M_y (kN.m)	M_z (kN.m)	F_x (kN)	F_y (kN.m)	F_z (kN.m)
$x=0, y=0, z=-h$	0,000	-144,437	0,000	-39,050	0,000	-38,503

Tabla 69 Esfuerzos en la parte inferior de la zapata

Una vez obtenidos los esfuerzos en la base de la zapata se realiza la comprobación del ELU de Vuelco, obteniéndose como resultado (Tabla 70):

ELU-VUELCO		$M_{d,stab} \geq M_{d,dst}$
ESTABILIZADORAS ($M_{d,stab}$)	594	Cumple
DESESTABILIZADORAS ($M_{d,dst}$)	194,935	

Tabla 70 Comprobación ELU Vuelco

Como puede observarse en la tabla anterior la cimentación cumple el ELU de Vuelco.

2.7.1.2.Verificación de la Resistencia

De acuerdo con el CTE “*para el estudio de la resistencia del terreno en cada situación de dimensionado se distinguirá entre resistencia local y resistencia global.*”

Los cálculos relativos a la resistencia local del terreno tienen como objetivo último asegurar la estabilidad de la cimentación frente a los fenómenos de hundimiento y deslizamiento.

Los cálculos relativos a la resistencia global del terreno tienen como objetivo último asegurar la estabilidad de la cimentación frente a posibles deslizamientos a lo largo de superficies pésimas posibles que la engloben.

Por lo que, la resistencia local y global del terreno queda verificada si se cumple, para las situaciones de dimensionado pertinentes, la condición:

$$E_d \leq R_d$$

Siendo

E_d el valor de cálculo del efecto de las acciones,

R_d el valor de cálculo de la resistencia del terreno.”

Por lo tanto, para poder verificar la resistencia del terreno (tanto la global como la local) se debe comprobar el ELU de Deslizamiento y el ELU de Hundimiento.

2.7.1.2.1. Comprobación del Estado Límite Último de Deslizamiento

En primer lugar, con tal de verificar la resistencia del terreno, se lleva a cabo la comprobación del Estado Límite Último de Deslizamiento.

Para dicha comprobación se siguen las pautas marcadas por el CTE, cuya comprobación es la siguiente:

$$V_T \leq \frac{1}{\gamma_R} \cdot (N_T \cdot tg(\phi_d))$$

Siendo

V_T el cortante total en la base de la zapata

γ_R es el coeficiente parcial de resistencia, cuyo valor se puede observar en la tabla 63 del presente proyecto

N_T es el esfuerzo normal total en la base de la zapata

ϕ_d es el ángulo de rozamiento interno de cálculo entre cimiento y terreno, este valor deriva del ángulo de rozamiento entre cimiento y terreno ϕ , pero afectado de un coeficiente de minoración $\phi_d = \frac{2}{3} \cdot \phi$.”

$$\text{Siendo } \phi = 90^\circ, \phi_d = \frac{2}{3} \cdot 90 = 60^\circ.$$

Así pues, una vez descrita la metodología de comprobación del ELU de Deslizamiento, se verifica la misma (Tabla 71):

ELU-DESLIZAMIENTO		$R_d \geq E_d$
FUERZAS ANTIDESLIZANTES (R_d)	44,459	Cumple
FUERZAS DESLIZANTES(E_d)	39,050	

Tabla 71 Comprobación ELU de Deslizamiento

2.7.1.2.2. Comprobación del Estado Límite Último de Hundimiento

Es la segunda condición que cumplir con la principal finalidad de verificar la resistencia del terreno.

De acuerdo con el CTE para verificar el ELU de Hundimiento se remarca que: “el hundimiento se alcanzará cuando la presión actuante (total bruta) sobre el terreno bajo la cimentación supere la resistencia característica del terreno frente a este modo de rotura. La condición para evitar el ELU de Hundimiento se expresa como:

$$E_d \leq R_d$$

E_d es el valor de cálculo del efecto de las acciones

R_d es el valor de cálculo de la resistencia del terreno

En concreto, la verificación del ELU de Hundimiento puede establecerse como:

$$q_b \leq q_s$$

$$q_b = \sigma = \frac{N_T}{(a - 2|e| \cdot b)} \leq \sigma_{adm} = q_s$$

Donde

a la dimensión total del apoyo

e la excentricidad del apoyo

N_T la resultante de fuerzas verticales, que en el caso de la torre estudiada resulta:

$$N_T = N + P_z$$

Siendo

N el axil total en la base de la cimentación

P_z el peso de la zapata, el cual puede calcularse de la siguiente forma:

$$P_z = \gamma_h \cdot \pi \cdot (R_{ext}^2 - R_{int}^2) \cdot h = 25 \cdot \pi \cdot 0,8 \cdot (3,5^2 - 2,5^2) = 377kN$$

$$N_T = 377 + 38,5 = 415,5kN$$

Y, por consiguiente, la comprobación del ELU de Hundimiento se observa en la siguiente tabla (Tabla 72):

ELU-HUNDIMIENTO		$R_d \geq E_d$
q_s	200	Cumple
q_b	118,713	

Tabla 72 Comprobación ELU de Hundimiento

Se observa que la cimentación cumple el ELU de Hundimiento quedando garantizada la resistencia del terreno. A continuación, se puede observar la cimentación resultante para la torre implementada mediante Matlab (Figura 23):

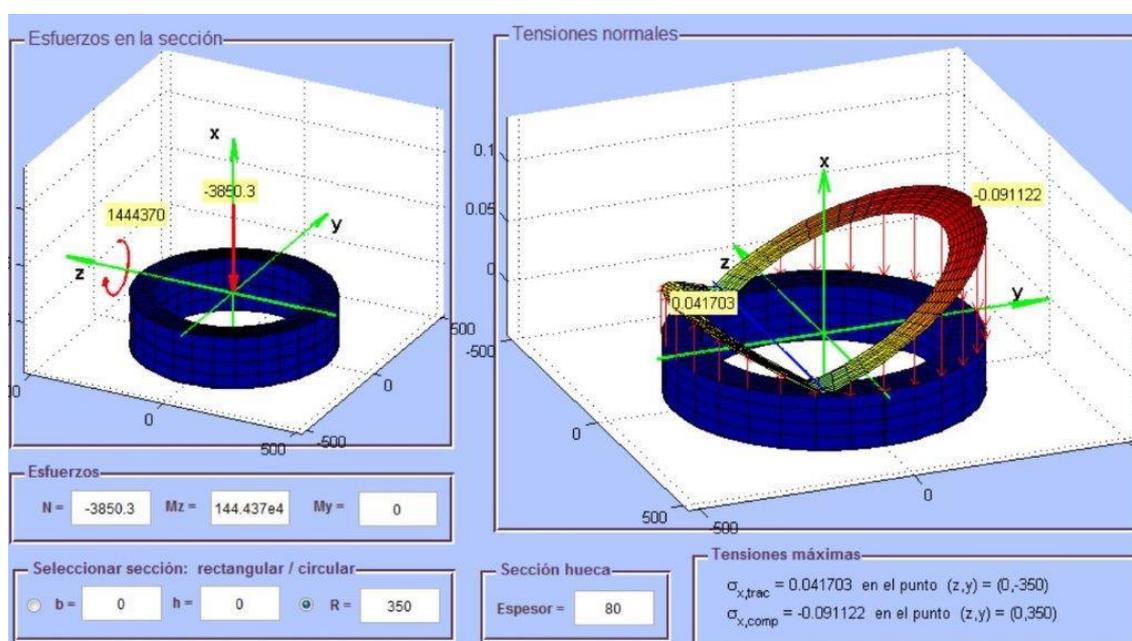


Fig. 23 Cimentación implementada en Matlab

2.8. Placa de anclaje

Las placas de anclaje son el punto de unión de la estructura metálica superficial con los elementos de cimentación.

En este punto se describe las comprobaciones pertinentes realizadas para que estas sean capaces de desempeñar sus funciones principales, las cuales son: la correcta transmisión de los esfuerzos de los soportes a la cimentación y resistir dichos esfuerzos.

De acuerdo con el CTE: *“la comprobación de la unión de un elemento metálico a otro de hormigón, como son las placas de anclaje (basas de soportes), requiere verificar la existencia de resistencia suficiente frente a los esfuerzos transmitidos en la región de contacto, considerando, tanto la resistencia del hormigón de dicha región, como la de los elementos metálicos que materializan el contacto.”*

Por tanto, se considera tanto el agotamiento del hormigón como el agotamiento de la sección de acero.

2.8.1. Apoyo de la placa

La placa de anclaje no apoya sobre la cimentación, sino que tiene una capa intermedia de mortero. Por este motivo se define la resistencia de cálculo de la unión (f_{jd}) como:

$$f_{jd} = \beta_j \cdot k_j \cdot f_{cd}$$

Donde

β_j es el coeficiente de la junta

k_j es el factor de concentración, el cual tiene en cuenta la mejora de la resistencia por el efecto de confinamiento del hormigón bajo la placa

f_{cd} es la resistencia de cálculo del hormigón, que se determina mediante la siguiente ecuación:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16.667 \text{ N/mm}^2$$

Considerando el caso más desfavorable ($f_{jd} = f_{cd}$) resulta:

$$f_{jd} = 1 \cdot 1 \cdot 16,667 = 16,667 \text{ N/mm}^2$$

Quedando así determinados los coeficientes de apoyo de la placa de anclaje con el terreno.

2.8.2. Determinación del modelo mecánico

La placa de anclaje está construida con acero S275JR y lleva dispuestos de forma simétrica 4 pernos de acero B500SD. A continuación, se muestra la placa de anclaje que se va a dimensionar, cuyas medidas son las siguientes:

$$a = 80 + a_p + 80$$

$$b = 80 + b_p + 80$$

$$d' = 50$$

Como la diagonal es un perfil $\varnothing 100.6$ con $a_p = b_p = 100mm$, las dimensiones son las siguientes:

$$a = 280mm$$

$$b = 280mm$$

$$d' = 50mm$$

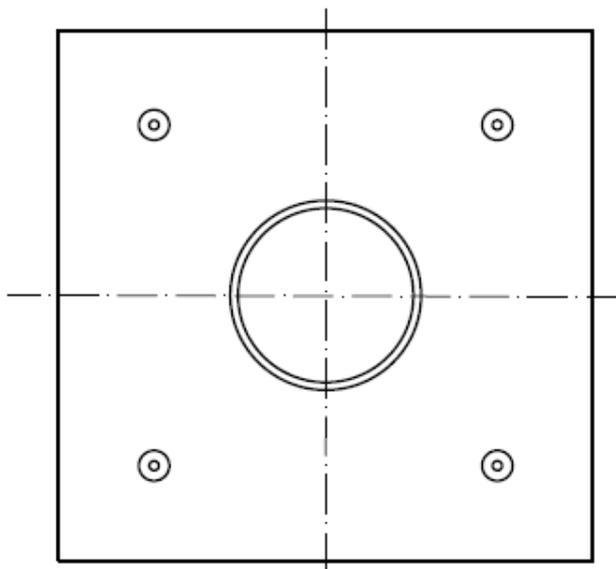


Fig. 24 Placa de anclaje

Siendo a el ancho de la placa, b el largo de la placa y d' la distancia de los pernos al borde de la placa de anclaje.

Seguidamente, se debe determinar la superficie portante o área eficaz, que el CTE define como: *“la suma de la superficie de la sección de la pieza del soporte (en el caso estudiado la superficie del perfil utilizado para las dos familias de diagonales) que se suelda a la placa de base más la que aporta la anchura suplementaria de apoyo (c) alrededor del perímetro de la sección del soporte siempre y cuando ésta no exceda las dimensiones de la placa.”*

Por lo tanto, se calcula la anchura suplementaria del apoyo, la cual viene determinada en el CTE como:

$$c = e \cdot \left(\frac{f_{yd}}{3 \cdot f_{jd}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Siendo

e espesor de la placa base, se toma como $e = 22mm$

f_{yd} es la resistencia de cálculo de la placa, que como se utiliza acero S275JR resulta:

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{275}{1.05} = 261,9 \text{ N/mm}^2$$

Por lo tanto, la anchura suplementaria resulta:

$$c = 22 \cdot \left(\frac{261,9}{3 \cdot 16,667} \right)^{\frac{1}{2}} = 50,351 \text{ mm}$$

Realizando las comprobaciones de solape se observa que en el interior del perfil se produce solape, ya que no se cumple que $2 \cdot c \leq \varnothing_{int}$. Por lo tanto, el área portante se debe calcular de la siguiente forma:

$$A_p = \pi \cdot (R_{ext} + c)^2 = \pi \cdot (100 + 50,351)^2 = 71017,0315 \text{ mm}^2$$

Finalmente, se determina el modelo mecánico mediante la siguiente comprobación:

$$e_d = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} \leq \frac{W_p}{A_p}$$

Donde

M_{Ed} es el momento de cálculo

N_{Ed} es el axil de cálculo

W_p es el modulo resistente

Como la estructura esta articulada en el punto de contacto con el terreno, el momento de cálculo en el apoyo es nulo. Por lo tanto, se cumple la condición anterior resultando estar en el modelo de cálculo I, es decir, en el modelo de cálculo de compresión simple.

Comprobación: Compresión Simple o Flexión Compuesta	N_{Ed}	M_{Ed}	A_p	W_p	M_{Ed}/N_{Ed}	W_p/A_p	Comprobación $\frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} \leq \frac{W_p}{A_p}$
	20000	0	71016,724	248453,333	0	3,498	Compresión Simple

Tabla 73 Determinación del modelo de Compresión Simple

2.8.3. Comprobaciones

Siguiendo las directrices recogidas en el CTE: "Para la realización correcta de la placa de anclaje se deben verificar los siguientes Estados Límite:

- ELU de Agotamiento del apoyo.
- ELU de Agotamiento de la placa a flexión.
- ELU de Agotamiento de los pernos.
- ELU de Anclaje de los pernos en el hormigón."

Para la torre estudiada, al tratarse de un caso de carga de compresión simple no es necesaria la comprobación del ELU de agotamiento de la placa a flexión.

2.8.3.1. Estado Límite Último de Agotamiento del Apoyo

En primer lugar, se comprueba el ELU de Agotamiento del Apoyo. La condición a cumplir es la siguiente:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

Siendo N_{Rd} el valor del axil último que puede soportar la base, definido como:

$$N_{Rd} = A_p \cdot f_{jd}$$

Por lo tanto, realizando la comprobación resulta (Tabla 74):

Comprobación ELU- Agotamiento del apoyo	N_{Rd} (kN)	N_{ed} (kN)	$N_{ed} < N_{Rd}$
	1183,612	20	Cumple

Tabla 74 Comprobación del ELU de Agotamiento del Apoyo

Como se observa en la tabla anterior, la placa de anclaje predimensionada cumple el ELU de Agotamiento del Apoyo.

2.8.3.2. Estado Límite Último de Agotamiento de los Pernos

Después de dimensionar las placas de anclaje se procede a dimensionar su anclaje a la cimentación.

Para el apoyo de la torre estudiada, como se trata del caso de carga de modelo I (compresión simple) el CTE recomienda:

“Modelo I: Placas a compresión (N), o compresión compuesta (N, M)

-Se dispondrán, al menos 4 pernos de diámetro 16 mm.”

En conclusión, se utilizan 4 pernos B500SD por cada placa de anclaje de diámetro 16 mm, quedando así garantizado que no se produzca el agotamiento de los pernos, así pues, se cumple el ELU de Agotamiento de los Pernos.

2.8.3.3. Estado Límite Último de Anclaje de los pernos

Finalmente, solo queda garantizar que se cumple el ELU de Anclaje de los pernos. Para ello, se calcula la longitud necesaria de cada perno para soportar el axil de cálculo.

El objetivo principal de este apartado es el cálculo de $l_a = l_{b,neto}$. La longitud que el perno debe tener embebida en el hormigón (l_a), longitud de anclaje, debe ser lo suficientemente grande para impedir la pérdida de adherencia antes de alcanzarse la sollicitación máxima del perno.

La longitud básica de anclaje (l_b), es la longitud necesaria para que la barra pueda agotarse antes de arrancarse.

Para el amarre de la placa de anclaje a la cimentación en el presente proyecto se utilizan 4 pernos corrugados en prolongación recta. Para este caso, la longitud básica de anclaje se obtiene de la siguiente forma:

$$l_b = \max \left(m \cdot \phi^2, \frac{f_{yk}}{20} \cdot \phi \right) (mm)$$

Siendo

\emptyset el diámetro de la barra

f_{yk} es la resistencia característica del acero

m es un coeficiente de unión que depende del hormigón utilizado en la cimentación y del acero de los pernos, y se calcula de acuerdo con lo establecido en la EHE a partir de la tabla siguiente (Tabla 75):

f_{ck} (N/mm ²)	m	
	B 400 S (SD)	B 500 S (SD)
HA-25	1,2	1,5
HA-30	1,0	1,3
HA-35	0,9	1,2
HA-40	0,8	1,1

Por lo tanto, una vez determinado el coeficiente $m = 1,5$, puede llevarse a cabo el

Tabla 75 Determinación del parámetro m (Fuente: EHE, tabla 66.5.1.2.a)

calculo de la longitud básica:

$$l_b = \max\left(1,5 \cdot 16^2; \frac{500}{20} \cdot 16\right) = \max(384; 400) = 400 \text{ mm}$$

Finalmente, se calcula la longitud básica neta, o lo que es lo mismo, la longitud de anclaje, que de acuerdo con la EHE se calcula de la forma siguiente:

$$l_a = l_{b,neto} = l_b \cdot \beta \cdot \frac{A_s}{A_{s,real}}$$

Siendo

A_s es el área nominal resistente de los pernos a tracción

$A_{s,real}$ es el área real resistente a tracción de los pernos a tracción

β es el factor de reducción, cuyo valor viene recomendado por la EHE en la siguiente tabla (Tabla 76):

TIPO DE ANCLAJE	Tracción	Compresión
Prolongación recta	1,0	1,0
Patilla, gancho y gancho en U	0,7	1,0
Barra transversal soldada	0,7	0,7

Tabla 76 Determinación del factor de reducción β (Fuente: EHE, tabla 69.5.1.2)

La EHE además de proporcionar la ecuación para el cálculo de la longitud de anclaje, proporciona una serie de valores mínimos de forma que quede garantizado el ELU de Anclaje de los Pernos. Dichos valores mínimos se expresan a continuación:

$$l_a = l_{b,neto} = 400 \cdot 1 \cdot \frac{46}{804,25} = 22,9 \text{ mm} > \max \begin{cases} 10 \cdot \phi = 160 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} \\ \frac{l_b}{3} = 133,33 \text{ mm} \end{cases}$$

Como puede observarse en la ecuación anterior, no cumple que l_a sea mayor que ninguna de los 3 valores mínimos que recomienda la EHE, por lo que en caso de no cumplirse la desigualdad anterior la EHE recomienda admitir como longitud de los pernos el máximo de los tres valores propuesto, por lo que resulta una longitud de anclaje de:

$$l_a = l_{b,neto} = 160 \text{ mm}$$

En conclusión, cumple el ELU de Anclaje de los pernos para una $l_a = 160 \text{ mm}$, y resulta una placa de anclaje con las siguientes características:

- Dimensiones de la placa: $\neq 280.280.22$
- Dimensiones de los 4 pernos de anclaje: $\phi = 16 \text{ mm}$ y $l_a = 160 \text{ mm}$.

3. Resumen y Conclusión

En el presente proyecto se realiza el diseño y el cálculo estructural de una torre autosoportada de telecomunicaciones en Paterna (Valencia). Todo el proyecto se ha realizado en base a la normativa vigente.

En el inicio, y en forma de primera aproximación, se implementa la torre en Matlab. Gracias a esto, se obtienen las medidas características de la torre: la altura de la cumbre, la altura de la garganta (máxima estricción de la estructura), diámetro de la base y el diámetro de la garganta.

Una vez obtenidas todas estas medidas, se diseña la estructura en Autocad. Este paso, imprescindible en la realización del proyecto, se lleva a cabo para la introducción de la estructura en el software de cálculo, el SAP2000.

A partir de este punto, se procede al cálculo de la presión que ejerce el viento sobre la estructura. Dicho cálculo se realiza de acuerdo con las directrices del Eurocódigo 1.4: Acciones en Estructuras. Acciones de Viento.

Las cargas calculadas se introducen en el punto de aplicación de la estructura en función del ángulo. Para poder realizar esta acción, fue necesaria la implementación de un sistema de coordenadas cilíndricas con subdivisiones cada 10°. Una vez introducidas las cargas, se realizan las combinaciones pertinentes en el programa de cálculo y con ayuda de Excel y de la normativa vigente en cuanto a comprobaciones estructurales en España (CTE, EHE, EAE) se comprueban las condiciones necesarias para garantizar la seguridad de las personas (ELU, ELS, Cimentación y Placa de Anclaje).

Además, se elabora el presupuesto del proyecto con ayuda del software Arquímedes de CYPE, cuyo valor asciende a la cantidad de 55.033,35€.

Para la completa definición del proyecto se elaboran los planos de la estructura, detallando los aspectos técnicos más importantes, como las articulaciones de la base, la cimentación o la placa de anclaje.

Finalmente, se añaden tres anexos: el pliego de condiciones del proyecto, la gestión de residuos y el estudio de seguridad y salud.

Presupuesto

4. Presupuestos parciales

Presupuesto parcial nº1 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Num.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
1.1	ADL010	m ²	Desbroce y limpieza del terreno, profundidad mínima de 25 cm, con medios manuales, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.	100	4,97	497
1.2	ADE010	m ³	Excavación en zanjas para cimentaciones en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	35	27,83	974,05
Total presupuesto parcial nº1 MOVIMIENTO DE TIERRAS:						1.471,05

Presupuesto parcial nº2 CIMENTACIONES

Num.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
2.1	CSZ010	m ³	Zapata de cimentación de hormigón armado HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido desde camión, acero UNE-EN 10080 B500S, cuantía 50 kg/m ³ .	30,15	142,34	4.291,55
2.2	CSZ015	m ³	Hormigón de limpieza HM-10/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión.	3,77	79,34	299,11
2.3	EAS006	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, de 280x280 mm y espesor 22 mm, con 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 12 mm de diámetro y 50 cm de longitud total, atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca.	12	67,7	812,4
Total presupuesto parcial nº2 CIMENTACIONES:						5.403,06

Presupuesto parcial nº3 ESTRUCTURA Y PARARRAYOS

Num. Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
3.1 EAV010	kg	Perfiles redondos de acero S275JR laminados en caliente con uniones soldadas.	9.464,00	2,09	19.779,76
3.2 IPE010	Ud	Sistema externo de protección frente al rayo, formado por pararrayos tipo punta Franklin, con semiángulo de protección de 45° para un nivel de protección 4, colocado en pared o estructura sobre mástil de acero galvanizado y 8 m de altura, y pletina conductora de cobre estañado.	1	7.229,47	7.229,47
3.3 EAE010	kg	Acero S275JR en escalera de mano interior realizada con perfiles laminados en caliente y soldados.	150	2,2	330

Total presupuesto parcial nº3 ESTRUCTURA Y PARARRAYOS: 27.339,23

Presupuesto parcial nº4 CALIDAD Y ENSAYOS

Num. Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
4.1 XMP010	Ud	Ensayo destructivo sobre una muestra de perfil laminado, con determinación de: límite elástico aparente, resistencia a tracción, módulo de elasticidad, alargamiento y estricción.	1	194,36	194,36
4.2 XMP020	Ud	Ensayo de aptitud al soldeo sobre una muestra soldada de perfil laminado, con determinación de: disminución de la carga total de rotura.	2	194,36	388,72
4.3 XMS010	Ud	Inspección visual sobre una unión soldada.	10	65,64	656,4
4.4 XEB010	Ud	Ensayo sobre una muestra de barras de acero corrugado de un mismo lote, con determinación de: sección media equivalente, características geométricas del corrugado, doblado/desdoblado.	1	86,92	86,92
4.5 XEH010	Ud	Ensayo sobre una muestra de hormigón con determinación de: consistencia del hormigón fresco mediante el método de asentamiento del cono de Abrams y resistencia característica a compresión del hormigón endurecido mediante control estadístico con fabricación de seis probetas, curado, refrentado y rotura a compresión.	1	94,55	94,55
Total presupuesto parcial nº4 CALIDAD Y ENSAYOS:					1.420,95

Presupuesto parcial nº5 GESTIÓN DE RESIDUOS

Num. Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
5.1 GTA010	m ³	Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.	35	5,44	190,4
5.2 GRA010	Ud	Transporte de residuos inertes metálicos producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 7 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	212,07	424,14
5.3 GRA010b	Ud	Transporte de residuos inertes de hormigón producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 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.	1	65,25	65,25
Total presupuesto parcial nº5 GESTIÓN DE RESIDUOS:					679,79

Presupuesto parcial nº6 SEGURIDAD Y SALUD					
Num.	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
6.1 F01	Ud	Partida alzada en materia de seguridad y salud.	1	1.906,17	1.906,17

Total presupuesto parcial nº6 SEGURIDAD Y SALUD: 1.906,17

4.1. Resumen del presupuesto

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)

1. Movimiento de tierras	1.471,05 €
2. Cimentaciones	5.403,06 €
3. Estructura y pararrayos	27.339,23 €
4. Calidad y ensayos	1.420,95 €
5. Gestión de residuos	679,79 €
6. Seguridad y salud	1.906,17 €

Total: **38.220,25 €**

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM) **38.220,25 €**

Gastos generales (13% PEM) 4.968,64 €

Beneficio industrial (6% PEM) 2.293,22 €

PRESUPUESTO BRUTO **45.482,11 €**

IVA (21%) 9.551,25 €

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA **55.033,35 €**

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a la expresada cantidad de **CINCUENTA Y CINCO MIL TREINTA Y TRES EUROS CON TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS**.

4. Bibliografía

- Código Técnico de la Edificación y sus documentos básicos (DB-SE, DB-AE, DB-SE A, DB-SE C).
- Eurocódigo 1.4: Acciones en Estructuras. Acciones de Viento.
- Repositorio Institucional UPV (RiuNet).
- Apuntes de PoliformaT de Tecnología de la Construcción.
- EAE Instrucción de Acero Estructural.
- EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural.
- PGOU Paterna.

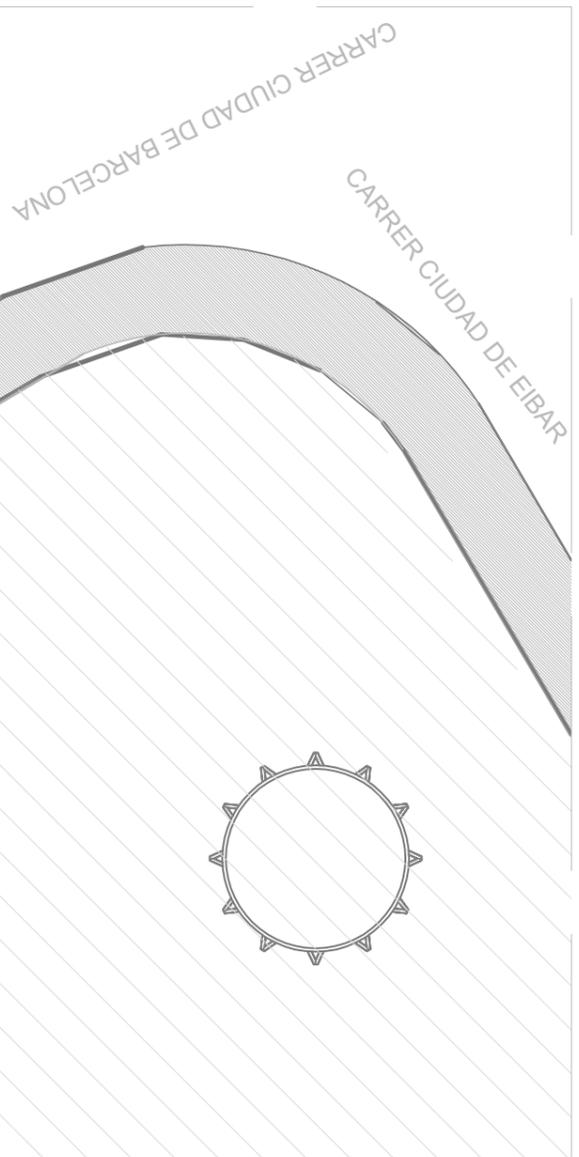
5. Software utilizado

- Matlab. MathWorks.
- SAP2000 v16. CSI América.
- AutoCAD2014. Autodesk.
- Microsoft Office (Word, Excel, Powerpoint, Access).
- Arquimedes. CYPE.

Planos

POLIGONO FUENTE DEL JARRO

NÚCLEO DE POBLACIÓN



Proyecto:

Diseño y cálculo de una Torre Autosportada de Telecomunicaciones en Paterna (Valencia)

01

Situación:

CARRER CIUDAD DE EIBAR/CARRER CIUDAD DE BARCELONA

Fecha: Julio 2019

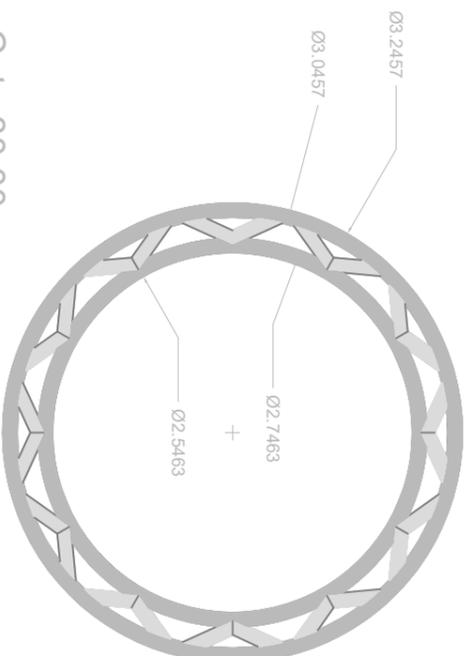
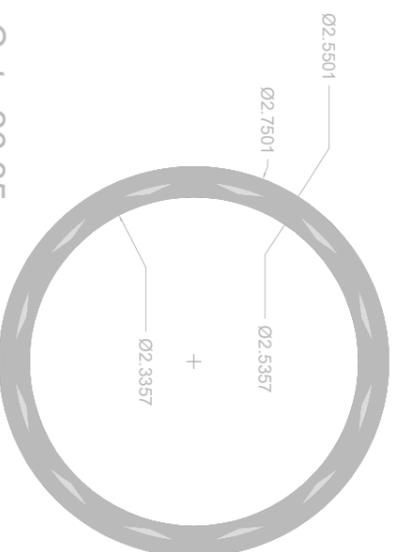
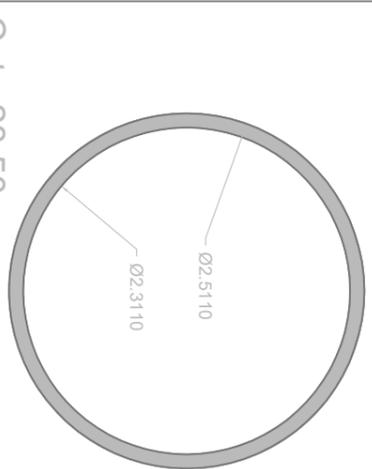
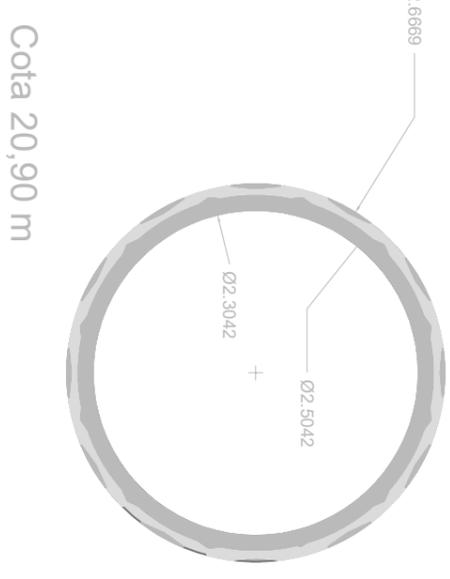
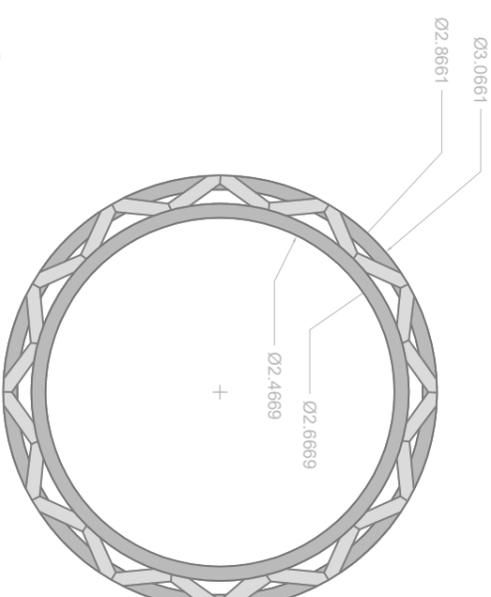
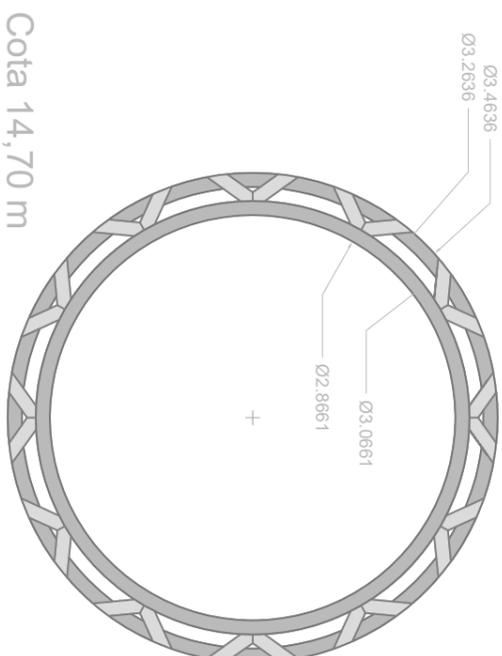
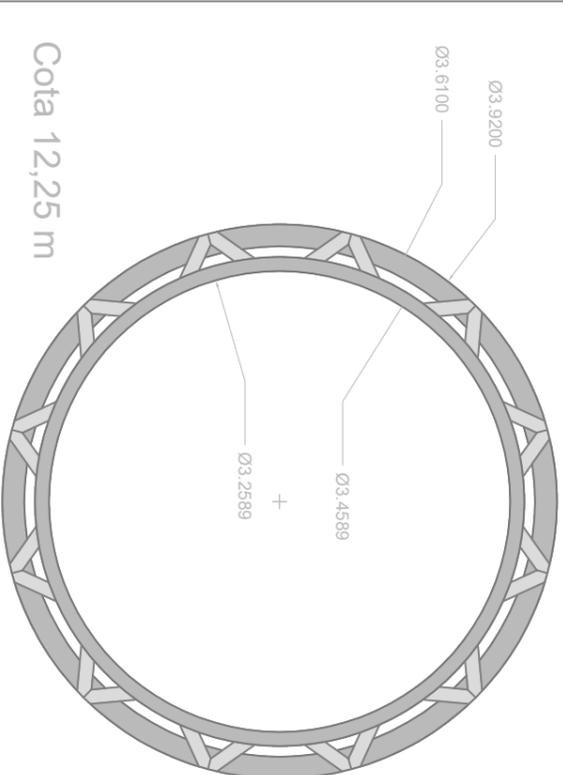
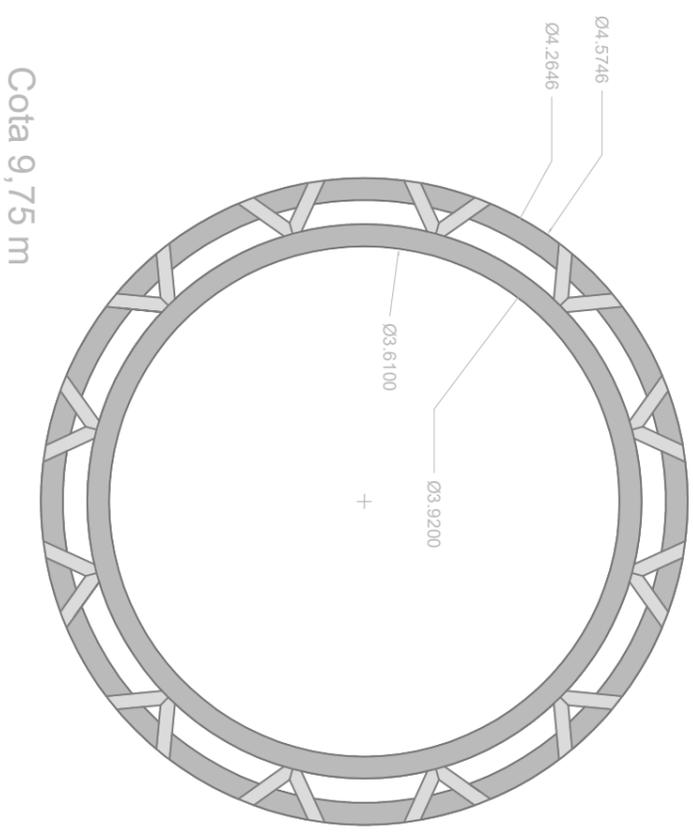
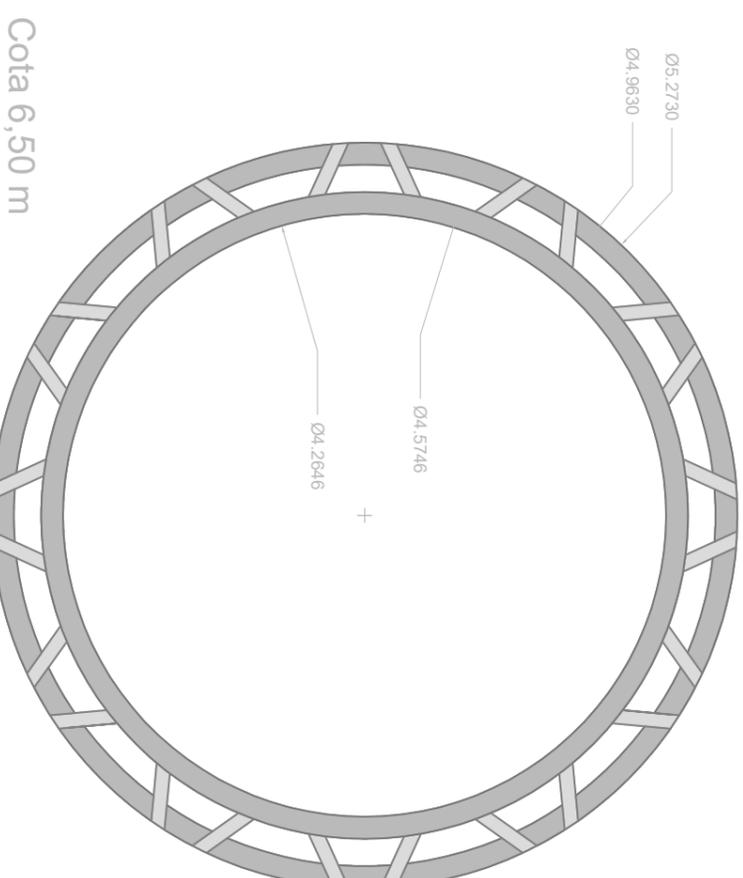
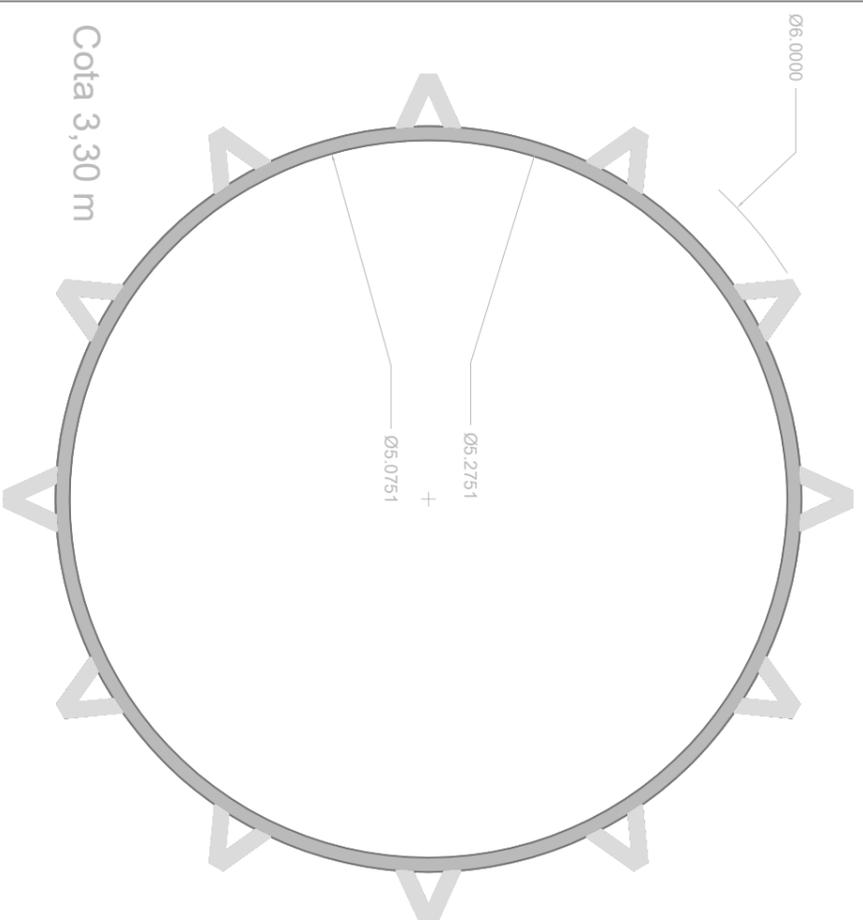
Escala: 1/10,000

Plano:

EMPLAZAMIENTO Y SITUACIÓN

Autor:

Félix Acebedo Franco



Proyecto : Diseño y cálculo de una Torre Autosportada de Telecomunicaciones en Paterna (Valencia)

02

Situación : CARRER CIUDAD DE IBAR/CARRER CIUDAD DE BARCELONA

Fecha : Julio 2019

Escala : 1/50

Plano : SECCIONES HORIZONTALES DE LA TORRE

Autor : Felix Acebedo Franco

Cota 23,50 m

Cota 26,35 m

Cota 30,00 m

Cota 12,25 m

Cota 14,70 m

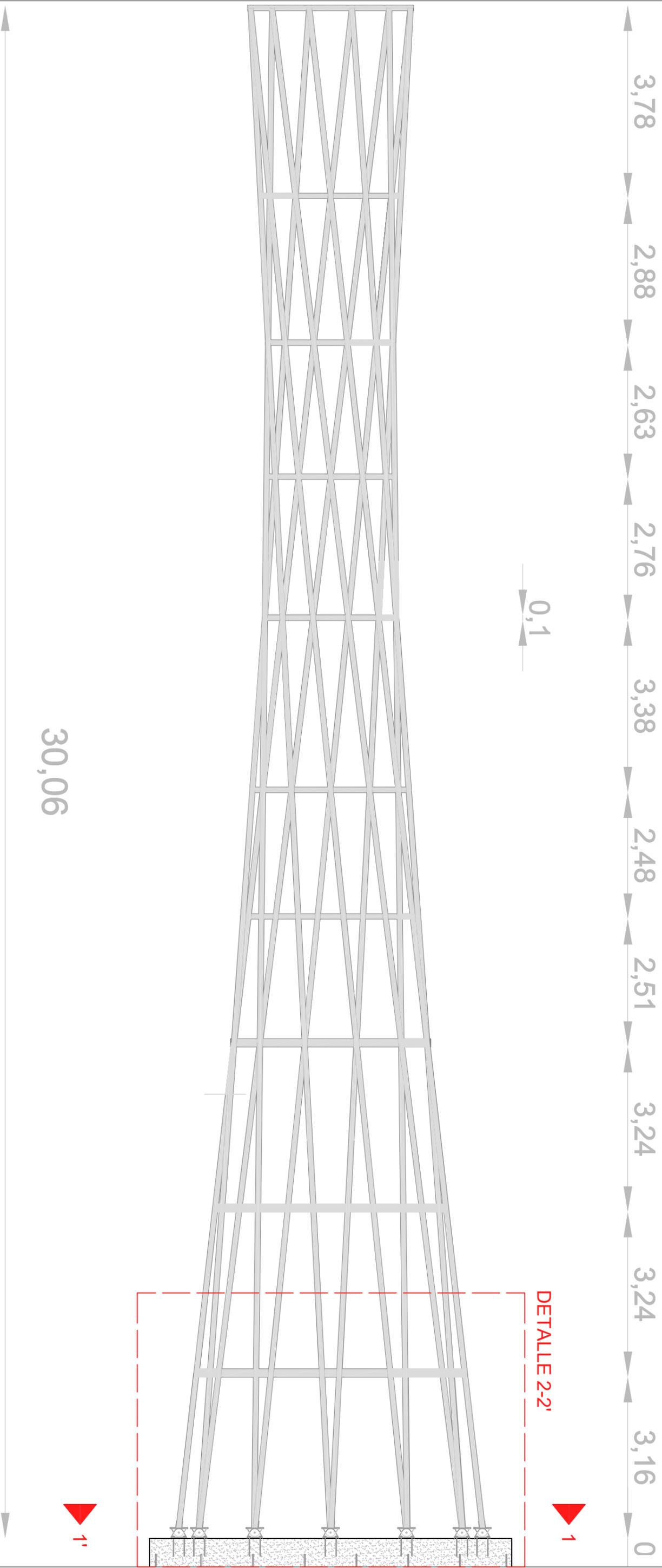
Cota 18,10 m

Cota 20,90 m

Cota 3,30 m

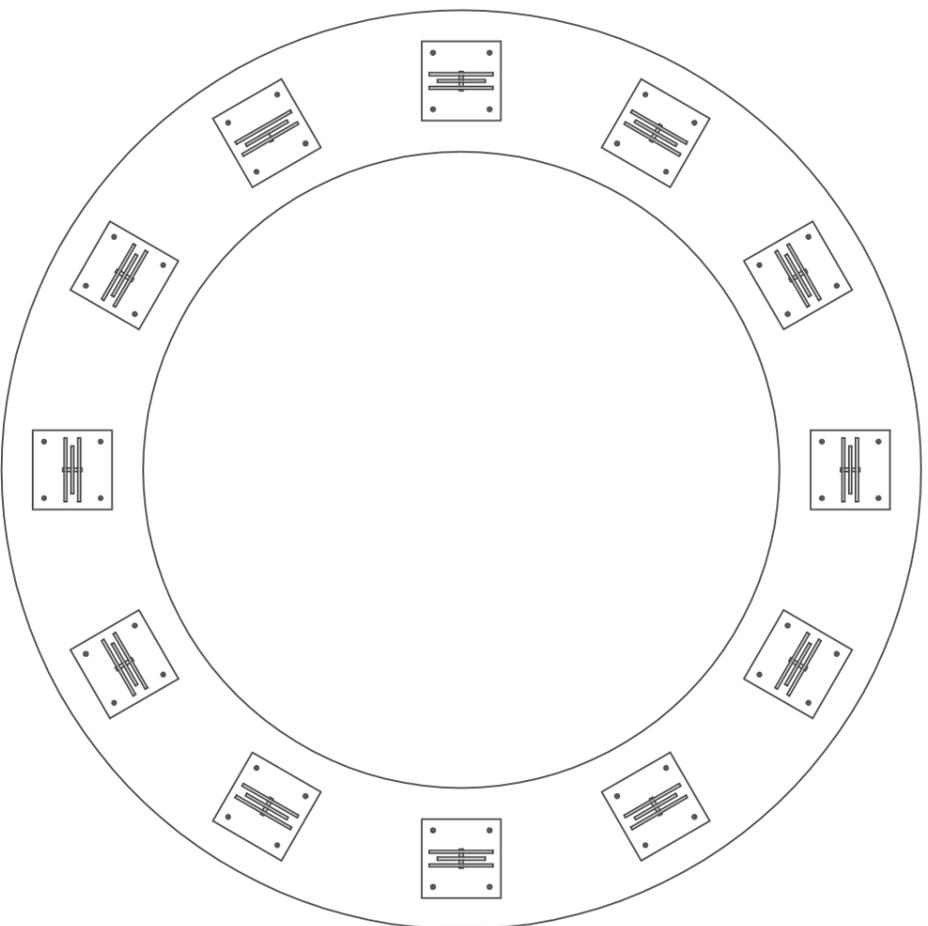
Cota 6,50 m

Cota 9,75 m



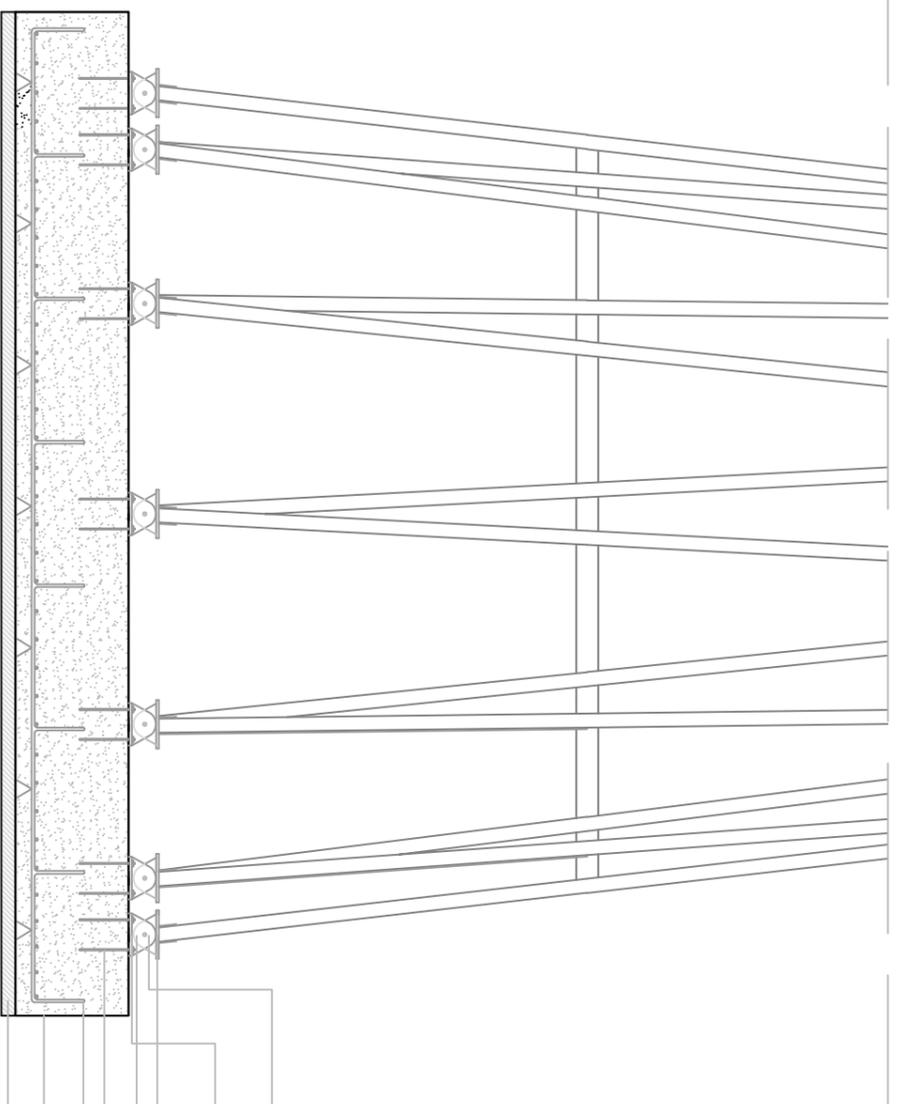
30,06

Proyecto :	Diseño y cálculo de una Torre Autosportada de Telecomunicaciones en Paterna (Valencia)	03
Situación :	CARRER CIUDAD DE EBAR/CARRER CIUDAD DE BARCELONA	Fecha : Julio 2019
Plano :	ALZADO.	Escala : 1/75
Autor:	Felix Acebedo Franco	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



DETALLE 1-1'

e: 1/50



DETALLE 2-2'

e: 1/50

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS SEGUN LA INSTRUCCION EHE

HORMIGÓN					
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipo de hormigón	Nivel de control	Coefficiente parcial de seguridad (γ_c)	Resistencia de cálculo (N/mm^2)	Recubrimiento mínimo (mm)
Cimentación	HA-25/P/40/IIIa	ESTADISTICO	1,50	16,6	45
ACERO					
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipo de acero	Nivel de control	Coefficiente parcial de seguridad (γ_s)	Resistencia de cálculo (N/mm^2)	El acero utilizado en las armaduras debe estar garantizado por la Marca AENOR
Cimentación	B 500 S	NORMAL	1,15	348	
EJECUCION					
Variable					
TIPO DE ACCION	Nivel de control	Coefficientes parciales de seguridad (para E.L.U.)			
Permanente	NORMAL	Efecto favorable			
Permanente de valor constante	NORMAL	$\gamma_e = 1,00$	Efecto desfavorable		
Variable	NORMAL	$\gamma_e = 1,00$	$\gamma_e = 0,00$	$\gamma_e = 1,60$	$\gamma_e = 1,60$

Acero en Estructura Torre	
Diagonales	S275
Anillos	S275

Proyecto : Diseño y cálculo de una Torre Autosportada de Telecomunicaciones en Paterna (Valencia)

Situación : CARRER CIUDAD DE EIBAR/CARRER CIUDAD DE BARCELONA

Plano : DETALLE 1-1' , DETALLE 2-2'

Autor : Félix Acebedo Franco

Fecha : Julio 2019

Escala : 1/100

04

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ANEXOS:

Índice de Anexos

ANEXOS:	106
----------------------	------------

ANEXO I: Pliego de Condiciones	107
---	------------

1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS.....	108
1.1. Disposiciones Generales	108
1.1.1. Disposiciones de carácter general	108
1.1.1.1. Objeto del Pliego de Condiciones	108
1.1.1.2. Contrato de obra	108
1.1.1.3. Documentación del contrato de obra	108
1.1.1.4. Proyecto Arquitectónico.....	108
1.1.1.5. Reglamentación urbanística	108
1.1.1.6. Formalización del Contrato de Obra	109
1.1.1.7. Jurisdicción competente.....	109
1.1.1.8. Responsabilidad del Contratista	109
1.1.1.9. Accidentes de trabajo.....	109
1.1.1.10. Daños y perjuicios a terceros.....	109
1.1.1.11. Anuncios y carteles.....	110
1.1.1.12. Copia de documentos	110
1.1.1.13. Suministro de materiales.....	110
1.1.1.14. Hallazgos	110
1.1.1.15. Causas de rescisión del contrato de obra	110
1.1.1.16. Omisiones: Buena fe.....	111
1.1.2. Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares	111
1.1.2.1. Accesos y vallados	111
1.1.2.2. Replanteo	111
1.1.2.3. Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos.....	111
1.1.2.4. Orden de los trabajos	112
1.1.2.5. Facilidades para otros contratistas.....	112
1.1.2.6. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor ...	112
1.1.2.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto	112
1.1.2.8. Prórroga por causa de fuerza mayor	113
1.1.2.9. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra ...	113
1.1.2.10. Trabajos defectuosos.....	113
1.1.2.11. Vicios ocultos.....	113

1.1.2.12. Procedencia de materiales, aparatos y equipos	114
1.1.2.13. Presentación de muestras	114
1.1.2.14. Materiales, aparatos y equipos defectuosos	114
1.1.2.15. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos.....	114
1.1.2.16. Limpieza de las obras.....	114
1.1.2.17. Obras sin prescripciones explícitas	115
1.1.3. Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas	115
1.1.3.1. Consideraciones de carácter general	115
1.1.3.2. Recepción provisional	115
1.1.3.3. Documentación final de la obra.....	116
1.1.3.4. Medición definitiva y liquidación provisional de la obra	116
1.1.3.5. Plazo de garantía	116
1.1.3.6. Conservación de las obras recibidas provisionalmente	116
1.1.3.7. Recepción definitiva	116
1.1.3.8. Prórroga del plazo de garantía	116
1.1.3.9. Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida	117
1.2. Disposiciones Facultativas	117
1.2.1. Definición y atribuciones de los agentes de la edificación.....	117
1.2.1.1. El Promotor	117
1.2.1.2. El Proyectista	117
1.2.1.3. El Constructor o Contratista	118
1.2.1.4. El Director de Obra	118
1.2.1.5. El Director de la Ejecución de la Obra	118
1.2.1.6. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación	118
1.2.1.7. Los suministradores de productos.....	118
1.2.2. Agentes que intervienen en la obra según Ley 38/99 (L.O.E.)	118
1.2.3. Agentes en materia de seguridad y salud según R.D. 1627/97	119
1.2.4. Agentes en materia de gestión de residuos según R.D. 105/08.....	119
1.2.5. La Dirección Facultativa	119
1.2.6. Visitas facultativas	119
1.2.7. Obligaciones de los agentes intervinientes	119
1.2.7.1. El Promotor	119
1.2.7.2. El Proyectista.....	120
1.2.7.3. El Constructor o Contratista	121

1.2.7.4. El Director de Obra	123
1.2.7.5. El Director de la Ejecución de la Obra	124
1.2.7.6. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación	126
1.2.7.7. Los suministradores de productos.....	126
1.2.7.8. Los propietarios y los usuarios	126
1.2.8. Documentación final de obra: Libro del Edificio	126
1.2.8.1. Los propietarios y los usuarios	126
1.3. Disposiciones Económicas.....	127
1.3.1. Definición	127
1.3.2. Contrato de obra.....	127
1.3.3. Criterio General.....	127
1.3.4. Fianzas	128
1.3.4.1. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza	128
1.3.4.2. Devolución de las fianzas	128
1.3.4.3. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales	128
1.3.5. De los precios	128
1.3.5.1. Precio básico	128
1.3.5.2. Precio unitario	128
1.3.5.3. Presupuesto de Ejecución Material (PEM).....	129
1.3.5.4. Precios contradictorios.....	130
1.3.5.5. Reclamación de aumento de precios.....	130
1.3.5.6. Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios	130
1.3.5.7. De la revisión de los precios contratados	130
1.3.5.8. Acopio de materiales.....	130
1.3.6. Obras por administración.....	130
1.3.7. Valoración y abono de los trabajos	131
1.3.7.1. Forma y plazos de abono de las obras.....	131
1.3.7.2. Relaciones valoradas y certificaciones.....	131
1.3.7.3. Mejora de obras libremente ejecutadas.....	131
1.3.7.4. Abono de trabajos presupuestados con partidaalzada.....	132
1.3.7.5. Abono de trabajos especiales no contratados	132
1.3.7.6. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía	132
1.3.8. Indemnizaciones Mutuas	132
1.3.8.1. Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras.....	132

1.3.8.2. Demora de los pagos por parte del Promotor	132
1.3.9. Varios	132
1.3.9.1. Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra	132
1.3.9.2. Unidades de obra defectuosas	133
1.3.9.3. Seguro de las obras	133
1.3.9.4. Conservación de la obra	133
1.3.9.5. Uso por el Contratista de edificio o bienes del Promotor	133
1.3.9.6. Pago de arbitrios	133
1.3.10. Retenciones en concepto de garantía	133
1.3.11. Plazos de ejecución: Planning de obra	134
1.3.12. Liquidación económica de las obras	134
1.3.13. Liquidación final de la obra	134
2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES	134
2.1. Prescripciones sobre los materiales	134
2.1.1. Garantías de calidad (Marcado CE)	135
2.1.2. Hormigones.....	137
2.1.2.1. Hormigón estructural	137
2.1.2.1.1. Condiciones de suministro.....	137
2.1.2.1.2. Recepción y control	138
2.1.2.1.3. Conservación, almacenamiento y manipulación.....	139
2.1.2.1.4. Recomendaciones para su uso en obra.....	139
2.1.3. Aceros para hormigón armado.....	140
2.1.3.1. Aceros corrugados.....	140
2.1.3.1.1. Condiciones de suministro.....	140
2.1.3.1.2. Recepción y control	140
2.1.3.1.3. Conservación, almacenamiento y manipulación.....	141
2.1.3.1.4. Recomendaciones para su uso en obra.....	142
2.1.4. Aceros para estructuras metálicas	142
2.1.4.1. Aceros en perfiles laminados.....	142
2.1.4.1.1. Condiciones de suministro.....	142
2.1.4.1.2. Recepción y control	142
2.1.4.1.3. Conservación, almacenamiento y manipulación.....	143
2.1.4.1.4. Recomendaciones para su uso en obra.....	143
2.2. Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.....	143
2.2.1. Acondicionamiento del terreno	147



2.2.2. Cimentaciones.....	150
2.2.3. Estructuras	153
2.2.4. Instalaciones	156
2.2.5. Gestión de residuos.....	157
2.2.6. Control de calidad y ensayos.....	160
2.3. Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado	162
ANEXO II: ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.....	165
1. CONTENIDO DEL DOCUMENTO.....	167
2. AGENTES INTERVINIENTES.....	167
2.1. Identificación	167
2.1.1. Productor de residuos (Promotor)	167
2.1.2. Poseedor de residuos (Constructor)	168
2.1.3. Gestor de residuos	168
2.2. Obligaciones	168
2.2.1. Productor de residuos (Promotor)	168
2.2.2. Poseedor de residuos (Constructor)	169
2.2.3. Gestor de residuos	170
3. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLE.....	171
4. IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN GENERADOS EN LA OBRA, CODIFICADOS SEGÚN LA ORDEN MAM/304/2002.	174
5. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENERARÁN EN LA OBRA.....	175
6. MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN LA OBRA OBJETO DEL PROYECTO	178
7. OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN, VALORIZACIÓN O ELIMINACIÓN A QUE SE DESTINARÁN LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENEREN EN LA OBRA	179
8. MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN OBRA	180
9. PRESCRIPCIONES EN RELACIÓN CON EL ALMACENAMIENTO, MANEJO, SEPARACIÓN Y OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	181
10. VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.	182
11. DETERMINACIÓN DEL IMPORTE DE LA FIANZA	183
ANEXO III: Estudio Básico de Seguridad y Salud	185



1. Memoria	187
1.1. Justificación.....	187
1.2. Objeto	187
1.3. Contenido del EBSS	187
2. Datos generales	188
2.1. Agentes	188
2.2. Características generales del Proyecto de Ejecución	188
2.3. Emplazamiento y condiciones del entorno.....	188
2.4. Características generales de la obra	189
2.5. Cimentación	189
2.6. Estructura Vertical.....	189
2.7. Medios de auxilio	189
2.7.1. Medios de auxilio en obra	189
2.7.2. Medios de auxilio en caso de accidente: centros asistenciales más próximos	190
2.8. Instalaciones de higiene y bienestar de los trabajadores	190
2.8.1. Vestuarios.....	190
2.8.2. Aseos	191
2.8.3. Comedor.....	191
2.9. Identificación de riesgos y medidas preventivas a adoptar	191
2.9.1. Durante los trabajos previos a la ejecución de la obra	193
2.9.1.1. Instalación eléctrica provisional	193
2.9.1.2. Vallado de obra	194
2.9.2. Durante las fases de ejecución de la obra.....	195
2.9.2.1. Acondicionamiento del terreno	195
2.9.2.2. Cimentación.....	195
2.9.2.3. Estructura	196
2.9.2.4. Instalaciones en general (instalaciones eléctricas, cableado de tierras, instalaciones de saneamiento...)	196
2.9.3. Durante la utilización de medios auxiliares	198
2.9.3.1. Escalera de mano.....	198
2.9.3.2. Andamio europeo.....	199
2.9.3.3. Andamio modular.....	199
2.9.4. Durante la utilización de maquinaria y herramientas	200
2.9.4.1. Pala cargadora	200
2.9.4.2. Retroexcavadora	200

2.9.4.3.	Camión de caja basculante	200
2.9.4.4.	Camión para transporte.....	201
2.9.4.5.	Camión grúa	201
2.9.4.6.	Hormigonera.....	201
2.9.4.7.	Vibrador.....	201
2.9.4.8.	Martillo picador.....	202
2.9.4.9.	Maquinillo	202
2.9.4.10.	Sierra circular.....	202
2.9.4.11.	Sierra circular de mesa	203
2.9.4.12.	Cuerdas.....	203
2.9.4.13.	Equipo de soldadura	204
2.9.4.14.	Herramientas manuales diversas.....	204
2.10.	Identificación de los riesgos laborales evitables	205
2.10.1.	Caídas al mismo nivel	205
2.10.2.	Caídas a distinto nivel.....	205
2.10.3.	Polvo y partículas	205
2.10.4.	Ruido	205
2.10.5.	Esfuerzos	205
2.10.6.	Incendios	205
2.10.7.	Intoxicación por emanaciones	206
2.11.	Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse	206
2.11.1.	Caída de objetos	206
2.11.2.	Electrocuciones.....	206
2.11.3.	Quemaduras.....	206
2.11.4.	Golpes y cortes en extremidades.....	207
2.12.	Condiciones de seguridad y salud, en trabajos posteriores de reparación y mantenimiento.....	207
2.12.1.	Trabajos en instalaciones	207
2.12.2.	Trabajos que implican riesgos especiales	207
2.13.	Medidas en caso de emergencia.....	207
2.14.	Presencia de los recursos preventivos del contratista	208
3.	NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLES.	208
3.1.	Seguridad y salud	208
	Disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de las empresas de trabajo temporal	209



Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo	209
Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico	209
Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo	209
Ley de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales	209
Desarrollo del artículo 24 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.....	209
Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas	210
Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.....	210
Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto	210
Modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio	210
Reglamento de los Servicios de Prevención	210
Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo	210
Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención	210
Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.....	211
Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico	211
Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas	211
Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.....	211
Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto	211
Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención y de las Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción	211
Modificación del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.....	212
Seguridad y Salud en los lugares de trabajo	212
Manipulación de cargas.....	212
Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo	212

Modificación del Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y ampliación de su ámbito de aplicación a los agentes mutágenos	212
Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto	212
Utilización de equipos de trabajo	212
Modificación del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura	212
Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción	213
Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto	213
Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención y de las Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción	213
Desarrollo de la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.....	213
3.2. Sistemas de protección colectiva Protección contra incendios	213
Publicación de la relación de normas armonizadas en el ámbito del Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos a presión	214
Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias	214
Real Decreto por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio	214
3.2. Equipos de protección individual	214
Modificación del Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.....	214
Corrección de erratas del Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual	215

Resolución por la que se publica, a título informativo, información complementaria establecida por el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual..	215
Modificación del anexo del Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero, que modificó a su vez el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, relativo a las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual	215
Resolución por la que se actualiza el anexo IV de la Resolución de 18 de marzo de 1998, de la Dirección General de Tecnología y Seguridad Industrial.....	215
Utilización de equipos de protección individual	215
Corrección de erratas del Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual	215
Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.....	216
Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto	216
3.3. Instalaciones provisionales de higiene y bienestar.....	216
Modificado por el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.	216
Modificación de determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre	216
Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51	216
Anulado el inciso 4.2.C.2 de la ITC-BT-03.....	217
Autorización para el empleo de sistemas de instalaciones con conductores aislados bajo canales protectores de material plástico	217
Real Decreto por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio	217
Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones.....	217
Orden por la que se desarrolla el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones, aprobado por el Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo	217



3.4.	Señalizaciones y cerramientos del solar	217
3.4.1.	Señalización de seguridad y salud en el trabajo.....	217
	Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo	218
	Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido	218
4.	PLIEGO	218
4.1.	Pliego de cláusulas administrativas	218
4.1.1.	Disposiciones generales.....	218
4.1.1.1.	Objeto del Pliego de condiciones.....	218
4.1.2.	Disposiciones facultativas.....	218
4.1.2.1.	Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación 218	
4.1.2.2.	El Promotor	218
4.1.2.3.	El Proyectista	219
4.1.2.4.	El Contratista y Subcontratista	219
4.1.2.5.	La Dirección Facultativa	220
4.1.2.6.	Coordinador de Seguridad y Salud en Proyecto	220
4.1.2.7.	Coordinador de Seguridad y Salud en Ejecución	220
4.1.2.8.	Trabajadores Autónomos	221
4.1.2.9.	Trabajadores por cuenta ajena	221
4.1.2.10.	Fabricantes y suministradores de equipos de protección y materiales de construcción	221
4.2.	Recursos preventivos	222
4.3.	Formación en Seguridad.....	222
4.4.	Reconocimientos médicos.....	222
4.5.	Salud e higiene en el trabajo Primeros auxilios	223
4.6.	Actuación en caso de accidente	223
4.7.	Documentación de obra Estudio básico de seguridad y Salud.....	223
4.8.	Plan de seguridad y salud	223
4.8.1.	Acta de aprobación del plan	224
4.9.	Comunicación de apertura de centro de trabajo	224
4.10.	Libro de incidencias	224
4.11.	Libro de órdenes.....	225
4.12.	Libro de visitas.....	225
4.13.	Libro de subcontratación.....	225



4.14.	Disposiciones económicas	226
4.15.	Pliego de condiciones técnicas particulares.....	226
4.15.1.	Medios de protección colectiva	226
4.15.2.	Medios de protección individual	227
4.15.3.	Instalaciones provisionales de salud y confort	227
4.15.3.1.	Vestuarios.....	227
4.15.3.2.	Aseos y duchas	227
4.15.4.	Retretes	228
4.15.5.	Comedor y cocina	228



ANEXO I: Pliego de Condiciones



Según figura en el Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado mediante Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, el proyecto definirá las obras proyectadas con el detalle adecuado a sus características, de modo que pueda comprobarse que las soluciones propuestas cumplen las exigencias básicas del CTE y demás normativa aplicable. Esta definición incluirá, al menos, la siguiente información contenida en el Pliego de Condiciones:

- Las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, equipos y sistemas que se incorporen de forma permanente al edificio proyectado, así como sus condiciones de suministro, las garantías de calidad y el control de recepción que deba realizarse. Esta información se encuentra en el apartado correspondiente a las Prescripciones sobre los materiales, del presente Pliego de Condiciones.
- Las características técnicas de cada unidad de obra, con indicación de las condiciones para su ejecución y las verificaciones y controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto. Se precisarán las medidas a adoptar durante la ejecución de las obras y en el uso y mantenimiento del edificio, para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos. Esta información se encuentra en el apartado correspondiente a las Prescripciones en cuanto a la ejecución por unidades de obra, del presente Pliego de Condiciones.
- Las verificaciones y las pruebas de servicio que, en su caso, deban realizarse para comprobar las prestaciones finales del edificio. Esta información se encuentra en el apartado correspondiente a las Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado, del presente Pliego de Condiciones.

1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

1.1. Disposiciones Generales

1.1.1. Disposiciones de carácter general

1.1.1.1. Objeto del Pliego de Condiciones

La finalidad de este Pliego es la de fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

1.1.1.2. Contrato de obra

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el Director de Obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

1.1.1.3. Documentación del contrato de obra

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

Las condiciones fijadas en el contrato de obra

- El presente Pliego de Condiciones
- La documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anejos, mediciones y presupuestos

En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

1.1.1.4. Proyecto Arquitectónico

El Proyecto Arquitectónico es el conjunto de documentos que definen y determinan las exigencias técnicas, funcionales y estéticas de las obras contempladas en el artículo 2 de la Ley de Ordenación de la Edificación. En él se justificará técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos sobre tecnologías específicas o instalaciones del edificio, se mantendrá entre todos ellos la necesaria coordinación, sin que se produzca una duplicidad en la documentación ni en los honorarios a percibir por los autores de los distintos trabajos indicados.

Los documentos complementarios al Proyecto serán:

- Todos los planos o documentos de obra que, a lo largo de la misma, vaya suministrando la Dirección de Obra como interpretación, complemento o precisión.
- El Libro de Órdenes y Asistencias.
- El Programa de Control de Calidad de Edificación y su Libro de Control.
- El Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico de Seguridad y Salud en las obras.
- El Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, elaborado por cada Contratista.
- Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.
- Licencias y otras autorizaciones administrativas.

1.1.1.5. Reglamentación urbanística

La obra a construir se ajustará a todas las limitaciones del proyecto aprobado por los organismos competentes, especialmente las que se refieren al volumen, alturas, emplazamiento y ocupación del solar, así como a todas las condiciones de reforma del

proyecto que pueda exigir la Administración para ajustarlo a las Ordenanzas, a las Normas y al Planeamiento Vigente.

1.1.1.6. Formalización del Contrato de Obra

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes.

El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el Contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la Memoria y sus Anejos, el Estado de Mediciones, Presupuestos, Planos y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el presente Proyecto.

El Contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y Presupuesto General.

Serán a cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne el Contratista.

1.1.1.7. Jurisdicción competente

En el caso de no llegar a un acuerdo cuando surjan diferencias entre las partes, ambas quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese ubicada la obra.

1.1.1.8. Responsabilidad del Contratista

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.

En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

1.1.1.9. Accidentes de trabajo

Es de obligado cumplimiento el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud, en virtud del Real Decreto 1627/97, el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el Contratista.

1.1.1.10. Daños y perjuicios a terceros

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 colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien

corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de "Todo riesgo al derribo y la construcción", suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el Promotor o Propiedad, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

1.1.1.11. Anuncios y carteles

Sin previa autorización del Promotor, no se podrán colocar en las obras ni en sus vallas más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos y los exigidos por la policía local.

1.1.1.12. Copia de documentos

El Contratista, a su costa, tiene derecho a sacar copias de los documentos integrantes del Proyecto.

1.1.1.13. Suministro de materiales

Se especificará en el Contrato la responsabilidad que pueda caber al Contratista por retraso en el plazo de terminación o en plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.

1.1.1.14. Hallazgos

El Promotor se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte o sustancias minerales utilizables que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en sus terrenos o edificaciones. El Contratista deberá emplear, para extraerlos, todas las precauciones que se le indiquen por parte del Director de Obra.

El Promotor abonará al Contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen, siempre que estén debidamente justificados y aceptados por la Dirección Facultativa.

1.1.1.15. Causas de rescisión del contrato de obra

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato:

- a) La muerte o incapacitación del Contratista.
- b) La quiebra del Contratista.
- c) Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:
 - a. La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del Director de Obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.
 - b. Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o en menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.

- d) La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al Contratista 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.
- e) Que el Contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
- f) El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- g) El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
- h) El abandono de la obra sin causas justificadas.
- i) La mala fe en la ejecución de la obra.

1.1.1.16. Omisiones: Buena fe

Las relaciones entre el Promotor y el Contratista, reguladas por el presente Pliego de Condiciones y la documentación complementaria, presentan la prestación de un servicio al Promotor por parte del Contratista mediante la ejecución de una obra, basándose en la BUENA FE mutua de ambas partes, que pretenden beneficiarse de esta colaboración sin ningún tipo de perjuicio. Por este motivo, las relaciones entre ambas partes y las omisiones que puedan existir en este Pliego y la documentación complementaria del proyecto y de la obra, se entenderán siempre suplidas por la BUENA FE de las partes, que las subsanarán debidamente con el fin de conseguir una adecuada CALIDAD FINAL de la obra.

1.1.2. Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares

Se describen las disposiciones básicas a considerar en la ejecución de las obras, relativas a los trabajos, materiales y medios auxiliares, así como a las recepciones de los edificios objeto del presente proyecto y sus obras anejas.

1.1.2.1. Accesos y vallados

El Contratista dispondrá, por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento o el vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra, pudiendo exigir el Director de Ejecución de la Obra su modificación o mejora.

1.1.2.2. Replanteo

El Contratista iniciará "in situ" el replanteo de las obras, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta económica.

Asimismo, someterá el replanteo a la aprobación del Director de Ejecución de la Obra y, una vez éste haya dado su conformidad, preparará el Acta de Inicio y Replanteo de la Obra acompañada de un plano de replanteo definitivo, que deberá ser aprobado por el Director de Obra. Será responsabilidad del Contratista la deficiencia o la omisión de este trámite.

1.1.2.3. Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos

El Contratista dará comienzo a las obras en el plazo especificado en el respectivo contrato, desarrollándose de manera adecuada para que dentro de los períodos parciales señalados se realicen los trabajos, de modo que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo establecido en el contrato.

Será obligación del Contratista comunicar a la Dirección Facultativa el inicio de las obras, de forma fehaciente y preferiblemente por escrito, al menos con tres días de antelación.

El Director de Obra redactará el acta de comienzo de la obra y la suscribirán en la misma obra junto con él, el día de comienzo de los trabajos, el Director de la Ejecución de la Obra, el Promotor y el Contratista.

Para la formalización del acta de comienzo de la obra, el Director de la Obra comprobará que en la obra existe copia de los siguientes documentos:

- Proyecto de Ejecución, Anejos y modificaciones.
- Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y su acta de aprobación por parte del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de los trabajos.
- Licencia de Obra otorgada por el Ayuntamiento.
- Aviso previo a la Autoridad laboral competente efectuado por el Promotor.
- Comunicación de apertura de centro de trabajo efectuada por el Contratista.
- Otras autorizaciones, permisos y licencias que sean preceptivas por otras administraciones.
- Libro de Órdenes y Asistencias.
- Libro de Incidencias.

La fecha del acta de comienzo de la obra marca el inicio de los plazos parciales y total de la ejecución de la obra.

1.1.2.4. Orden de los trabajos

La determinación del orden de los trabajos es, generalmente, facultad del Contratista, salvo en aquellos casos en que, por circunstancias de naturaleza técnica, se estime conveniente su variación por parte de la Dirección Facultativa.

1.1.2.5. Facilidades para otros contratistas

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista dará todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los Subcontratistas u otros Contratistas que intervengan en la ejecución de la obra. Todo ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar por la utilización de los medios auxiliares o los suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, todos ellos se ajustarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

1.1.2.6. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando se precise ampliar el Proyecto, por motivo imprevisto o por cualquier incidencia, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones de la Dirección Facultativa en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Contratista está obligado a realizar, con su personal y sus medios materiales, cuanto la Dirección de Ejecución de la Obra disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

1.1.2.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto

El Contratista podrá requerir del Director de Obra o del Director de Ejecución de la Obra, según sus respectivos cometidos y atribuciones, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de la obra proyectada.

Cuando se trate de interpretar, aclarar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos, croquis, órdenes e instrucciones correspondientes, se comunicarán necesariamente por escrito al Contratista, estando éste a su vez obligado a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie

de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciba tanto del Director de Ejecución de la Obra, como del Director de Obra.

Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el Contratista en contra de las disposiciones tomadas por la Dirección Facultativa, habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual le dará el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

1.1.2.8. Prórroga por causa de fuerza mayor

Si, por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del Contratista, éste no pudiese comenzar las obras, tuviese que suspenderlas o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para su cumplimiento, previo informe favorable del Director de Obra. Para ello, el Contratista expondrá, en escrito dirigido al Director de Obra, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

1.1.2.9. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que, habiéndolo solicitado por escrito, no se le hubiese proporcionado.

1.1.2.10. Trabajos defectuosos

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el proyecto, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo estipulado.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el Contratista es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que puedan existir por su mala ejecución, no siendo un eximente el que la Dirección Facultativa lo haya examinado o reconocido con anterioridad, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las Certificaciones Parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director de Ejecución de la Obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos y equipos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o una vez finalizados con anterioridad a la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean sustituidas o demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado a expensas del Contratista. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la sustitución, demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el Director de Obra, quien mediará para resolverla.

1.1.2.11. Vicios ocultos

El Contratista es el único responsable de los vicios ocultos y de los defectos de la construcción, durante la ejecución de las obras y el periodo de garantía, hasta los plazos prescritos después de la terminación de las obras en la vigente L.O.E., aparte de otras responsabilidades legales o de cualquier índole que puedan derivarse.

Si el Director de Ejecución de la Obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará, cuando estime oportuno, realizar antes de la recepción definitiva los ensayos, destructivos o no, que considere necesarios para reconocer o diagnosticar los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al Director de Obra.

El Contratista demolerá, y reconstruirá posteriormente a su cargo, todas las unidades de obra mal ejecutadas, sus consecuencias, daños y perjuicios, no pudiendo eludir su responsabilidad por el hecho de que el Director de Obra y/o el Director de Ejecución de Obra lo hayan examinado o reconocido con anterioridad, o que haya sido conformada o abonada una parte o la totalidad de las obras mal ejecutadas.

1.1.2.12. Procedencia de materiales, aparatos y equipos

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los que se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesta en obra, el Contratista deberá presentar al Director de Ejecución de la Obra una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

1.1.2.13. Presentación de muestras

A petición del Director de Obra, el Contratista presentará las muestras de los materiales, aparatos y equipos, siempre con la antelación prevista en el calendario de obra.

1.1.2.14. Materiales, aparatos y equipos defectuosos

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones no fuesen de la calidad y características técnicas prescritas en el proyecto, no tuvieran la preparación en él exigida o cuando, a falta de prescripciones formales, se reconociera o demostrara que no son los adecuados para su fin, el Director de Obra, a instancias del Director de Ejecución de la Obra, dará la orden al Contratista de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o sean los adecuados al fin al que se destinen.

Si, a los 15 días de recibir el Contratista orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, ésta no ha sido cumplida, podrá hacerlo el Promotor o Propiedad a cuenta de Contratista.

En el caso de que los materiales, aparatos, equipos o elementos de instalaciones fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Director de Obra, se recibirán con la rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el Contratista prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

1.1.2.15. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras correrán a cargo y cuenta del Contratista.

Todo ensayo que no resulte satisfactorio, no se realice por omisión del Contratista, o que no ofrezca las suficientes garantías, podrá comenzarse nuevamente o realizarse nuevos ensayos o pruebas especificadas en el proyecto, a cargo y cuenta del Contratista y con la penalización correspondiente, así como todas las obras complementarias a que pudieran dar lugar cualquiera de los supuestos anteriormente citados y que el Director de Obra considere necesarios.

1.1.2.16. Limpieza de las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

1.1.2.17. Obras sin prescripciones explícitas

En la ejecución de trabajos que pertenecen a la construcción de las obras, y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del proyecto, el Contratista se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las normas y prácticas de la buena construcción.

1.1.3. Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas

1.1.3.1. Consideraciones de carácter general

La recepción de la obra es el acto por el cual el Contratista, una vez concluida la obra, hace entrega de la misma al Promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el Promotor y el Contratista, haciendo constar:

- Las partes que intervienen.
- La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- El coste final de la ejecución material de la obra.
- La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.
- Las garantías que, en su caso, se exijan al Contratista para asegurar sus responsabilidades.

Asimismo, se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el Director de Obra y el Director de la Ejecución de la Obra.

El Promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecúa a las condiciones contractuales.

En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los treinta días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos treinta días desde la fecha indicada el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.

El cómputo de los plazos de responsabilidad y garantía será el establecidos en la L.O.E., y se iniciará a partir de la fecha en que se suscriba el acta de recepción, o cuando se entienda ésta tácitamente producida según lo previsto en el apartado anterior.

1.1.3.2. Recepción provisional

Treinta días antes de dar por finalizadas las obras, comunicará el Director de Ejecución de la Obra al Promotor o Propiedad la proximidad de su terminación a fin de convenir el acto de la Recepción Provisional.

Ésta se realizará con la intervención de la Propiedad, del Contratista, del Director de Obra y del Director de Ejecución de la Obra. Se convocará también a los restantes técnicos

que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección extenderán el correspondiente Certificado de Final de Obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar expresamente en el Acta y se darán al Contratista las oportunas instrucciones para subsanar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el Contratista no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con la pérdida de la fianza.

1.1.3.3. Documentación final de la obra

El Director de Ejecución de la Obra, asistido por el Contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactará la documentación final de las obras, que se facilitará al Promotor, con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente, en el caso de viviendas, con lo que se establece en los párrafos 2, 3, 4 y 5, del apartado 2 del artículo 4º del Real Decreto 515/1989, de 21 de Abril. Esta documentación incluye el Manual de Uso y Mantenimiento del Edificio.

1.1.3.4. Medición definitiva y liquidación provisional de la obra

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el Director de Ejecución de la Obra a su medición definitiva, con precisa asistencia del Contratista o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el Director de Obra con su firma, servirá para el abono por el Promotor del saldo resultante menos la cantidad retenida en concepto de fianza.

1.1.3.5. Plazo de garantía

El plazo de garantía deberá estipularse en el contrato privado y, en cualquier caso, nunca deberá ser inferior a seis meses

1.1.3.6. Conservación de las obras recibidas provisionalmente

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo y cuenta del Contratista.

Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones ocasionadas por el uso correrán a cargo de la Propiedad y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo del Contratista.

1.1.3.7. Recepción definitiva

La recepción definitiva se realizará después de transcurrido el plazo de garantía, en igual modo y con las mismas formalidades que la provisional. A partir de esa fecha cesará la obligación del Contratista de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios, y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran derivar de los vicios de construcción.

1.1.3.8. Prórroga del plazo de garantía

Si, al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Director de Obra indicará al Contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las

obras necesarias. De no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con la pérdida de la fianza.

1.1.3.9. Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida

En caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo fijado, la maquinaria, instalaciones y medios auxiliares, a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa sin problema alguno.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos anteriormente. Transcurrido el plazo de garantía, se recibirán definitivamente según lo dispuesto anteriormente.

Para las obras y trabajos no determinados, pero aceptables a juicio del Director de Obra, se efectuará una sola y definitiva recepción.

1.2. Disposiciones Facultativas

1.2.1. Definición y atribuciones de los agentes de la edificación

Las atribuciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas por la Ley 38/99 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.).

Se definen agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. Sus obligaciones quedan determinadas por lo dispuesto en la L.O.E. y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención.

Las definiciones y funciones de los agentes que intervienen en la edificación quedan recogidas en el capítulo III "Agentes de la edificación", considerándose:

1.2.1.1. El Promotor

Es 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.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la edificación, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios.

Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparan también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la edificación.

Cuando las Administraciones públicas y los organismos sujetos a la legislación de contratos de las Administraciones públicas actúen como promotores, se regirán por la legislación de contratos de las Administraciones públicas y, en lo no contemplado en la misma, por las disposiciones de la L.O.E.

1.2.1.2. El Projectista

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en el apartado 2 del artículo 4 de la L.O.E., cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

1.2.1.3. El Constructor o Contratista

Es el agente que asume, contractualmente ante el Promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

CABE EFECTUAR ESPECIAL MENCIÓN DE QUE LA LEY SEÑALA COMO RESPONSABLE EXPLÍCITO DE LOS VICIOS O DEFECTOS CONSTRUCTIVOS AL CONTRATISTA GENERAL DE LA OBRA, SIN PERJUICIO DEL DERECHO DE REPETICIÓN DE ÉSTE HACIA LOS SUBCONTRATISTAS.

1.2.1.4. El Director de Obra

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del Director de Obra.

1.2.1.5. El Director de la Ejecución de la Obra

Es el agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, asume la función técnica de dirigir la Ejecución Material de la Obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo edificado. Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el Arquitecto, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, estime necesarios para poder dirigir de manera solvente la ejecución de las mismas.

1.2.1.6. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Son entidades de control de calidad de la edificación aquéllas capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Son laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

1.2.1.7. Los suministradores de productos

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra, incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

1.2.2. Agentes que intervienen en la obra según Ley 38/99 (L.O.E.)

La relación de agentes intervinientes se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.

1.2.3. Agentes en materia de seguridad y salud según R.D. 1627/97

La relación de agentes intervinientes en materia de seguridad y salud se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.

1.2.4. Agentes en materia de gestión de residuos según R.D. 105/08.

La relación de agentes intervinientes en materia de gestión de residuos, se encuentra en el Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.

1.2.5. La Dirección Facultativa

En correspondencia con la L.O.E., la Dirección Facultativa está compuesta por la Dirección de Obra y la Dirección de Ejecución de la Obra. A la Dirección Facultativa se integrará el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, en el caso de que se haya adjudicado dicha misión a facultativo distinto de los anteriores.

Representa técnicamente los intereses del promotor durante la ejecución de la obra, dirigiendo el proceso de construcción en función de las atribuciones profesionales de cada técnico participante.

1.2.6. Visitas facultativas

Son las realizadas a la obra de manera conjunta o individual por cualquiera de los miembros que componen la Dirección Facultativa. La intensidad y número de visitas dependerá de los cometidos que a cada agente le son propios, pudiendo variar en función de los requerimientos específicos y de la mayor o menor exigencia presencial requerible al técnico al efecto en cada caso y según cada una de las fases de la obra. Deberán adaptarse al proceso lógico de construcción, pudiendo los agentes ser o no coincidentes en la obra en función de la fase concreta que se esté desarrollando en cada momento y del cometido exigible a cada cual.

1.2.7. Obligaciones de los agentes intervinientes

Las obligaciones de los agentes que intervienen en la edificación son las contenidas en los artículos 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16, del capítulo III de la L.O.E. y demás legislación aplicable.

1.2.7.1. El Promotor

Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.

Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al Director de Obra, al Director de la Ejecución de la Obra y al Contratista posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin lo proyectado.

Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y llevar a buen fin el objeto de lo promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para los edificios.

Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes que, de conformidad con la normativa aplicable, conlleva la construcción de edificios, la urbanización que procediera en su entorno inmediato, la realización de obras que en ellos se ejecuten y su ocupación.

Garantizar los daños materiales que el edificio pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente



establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder.

La suscripción obligatoria de un seguro, de acuerdo a las normas concretas fijadas al efecto, que cubra los daños materiales que ocasionen en el edificio el incumplimiento de las condiciones de habitabilidad en tres años o que afecten a la seguridad estructural en el plazo de diez años, con especial mención a las viviendas individuales en régimen de autopromoción, que se regirán por lo especialmente legislado al efecto.

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. 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción.

Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.

Entregar al adquirente y usuario inicial, en su caso, el denominado Libro del Edificio que contiene el manual de uso y mantenimiento del mismo y demás documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes.

1.2.7.2. El Projectista

Redactar el proyecto por encargo del Promotor, con sujeción a la normativa urbanística y técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos -proyecto básico- como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al Promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.

Definir el concepto global del proyecto de ejecución con el nivel de detalle gráfico y escrito suficiente y calcular los elementos fundamentales del edificio, en especial la cimentación y la estructura. Concretar en el Proyecto el emplazamiento de cuartos de máquinas, de contadores, hornacinas, espacios asignados para subida de conductos, reservas de huecos de ventilación, alojamiento de sistemas de telecomunicación y, en general, de aquellos elementos necesarios en el edificio para facilitar las determinaciones concretas y especificaciones detalladas que son cometido de los proyectos parciales, debiendo éstos adaptarse al Proyecto de Ejecución, no pudiendo contravenirlo en modo alguno. Deberá entregarse necesariamente un ejemplar del proyecto complementario al Arquitecto antes del inicio de las obras o instalaciones correspondientes.

Acordar con el Promotor la contratación de colaboraciones parciales de otros técnicos profesionales.

Facilitar la colaboración necesaria para que se produzca la adecuada coordinación con los proyectos parciales exigibles por la legislación o la normativa vigente y que sea necesario incluir para el desarrollo adecuado del proceso edificatorio, que deberán ser redactados por técnicos competentes, bajo su responsabilidad y suscritos por persona física. Los proyectos parciales serán aquellos redactados por otros técnicos cuya competencia puede ser distinta e incompatible con las competencias del Arquitecto y, por tanto, de exclusiva responsabilidad de éstos.

Elaborar aquellos proyectos parciales o estudios complementarios exigidos por la legislación vigente en los que es legalmente competente para su redacción, excepto declinación expresa del Arquitecto y previo acuerdo con el Promotor, pudiendo exigir la compensación económica en concepto de cesión de derechos de autor y de la propiedad intelectual si se tuviera que entregar a otros técnicos, igualmente competentes para realizar el trabajo, documentos o planos del proyecto por él redactado, en soporte papel o informático.

Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

1.2.7.3. El Constructor o Contratista

Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor.

Organizar los trabajos de construcción para cumplir con los plazos previstos, de acuerdo al correspondiente Plan de Obra, efectuando las instalaciones provisionales y disponiendo de los medios auxiliares necesarios.

Elaborar, y exigir de cada subcontratista, un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dichos planes se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención propuestas, con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico.

Comunicar 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 RD 1627/97 de 24 de octubre.

Adoptar 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, así como cumplir las órdenes efectuadas por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en la fase de Ejecución de la obra.

Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

Examinar la documentación aportada por los técnicos redactores correspondientes, tanto del Proyecto de Ejecución como de los proyectos complementarios, así como del Estudio de Seguridad y Salud, verificando que le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitando las aclaraciones pertinentes

Facilitar la labor de la Dirección Facultativa, suscribiendo el Acta de Replanteo, ejecutando las obras con sujeción al Proyecto de Ejecución que deberá haber examinado previamente, a la legislación aplicable, a las Instrucciones del Arquitecto Director de Obra y del Director de la Ejecución Material de la Obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.



Efectuar las obras siguiendo los criterios al uso que son propios de la correcta construcción, que tiene la obligación de conocer y poner en práctica, así como de las leyes generales de los materiales o *lex artis*, aún cuando éstos criterios no estuvieran específicamente reseñados en su totalidad en la documentación de proyecto. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las tareas de los subcontratistas.

Disponer de los medios materiales y humanos que la naturaleza y entidad de la obra impongan, disponiendo del número adecuado de oficiales, suboficiales y peones que la obra requiera en cada momento, bien por personal propio o mediante subcontratistas al efecto, procediendo a solapar aquellos oficios en la obra que sean compatibles entre sí y que permitan acometer distintos trabajos a la vez sin provocar interferencias, contribuyendo con ello a la agilización y finalización de la obra dentro de los plazos previstos.

Ordenar y disponer en cada momento de personal suficiente a su cargo para que efectúe las actuaciones pertinentes para ejecutar las obras con solvencia, diligentemente y sin interrupción, programándolas de manera coordinada con el Arquitecto Técnico o Aparejador, Director de Ejecución Material de la Obra.

Supervisar personalmente y de manera continuada y completa la marcha de las obras, que deberán transcurrir sin dilación y con adecuado orden y concierto, así como responder directamente de los trabajos efectuados por sus trabajadores subordinados, exigiéndoles el continuo autocontrol de los trabajos que efectúen, y ordenando la modificación de todas aquellas tareas que se presenten mal efectuadas.

Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados y elementos constructivos, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción facultativa del Director de la Ejecución de la obra, los suministros de material o prefabricados que no cuenten con las garantías, documentación mínima exigible o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación, debiendo recabar de la Dirección Facultativa la información que necesite para cumplir adecuadamente su cometido.

Dotar de material, maquinaria y utillajes adecuados a los operarios que intervengan en la obra, para efectuar adecuadamente las instalaciones necesarias y no menoscabar con la puesta en obra las características y naturaleza de los elementos constructivos que componen el edificio una vez finalizado.

Poner a disposición del Arquitecto Técnico o Aparejador los medios auxiliares y personal necesario para efectuar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, recabando de dicho técnico el plan a seguir en cuanto a las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias.

Cuidar de que el personal de la obra guarde el debido respeto a la Dirección Facultativa.

Auxiliar al Director de la Ejecución de la Obra en los actos de replanteo y firmar posteriormente y una vez finalizado éste, el acta correspondiente de inicio de obra, así como la de recepción final.

Facilitar a los Arquitectos Directores de Obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación final de obra ejecutada.

Suscribir las garantías de obra que se señalan en el Artículo 19 de la Ley de Ordenación de la Edificación y que, en función de su naturaleza, alcanzan períodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o vicios de elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años

(daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio).

1.2.7.4. El Director de Obra

Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética a los agentes intervinientes en el proceso constructivo.

Detener la obra por causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Ordenes y Asistencias, dando cuenta inmediata al Promotor.

Redactar las modificaciones, ajustes, rectificaciones o planos complementarios que se precisen para el adecuado desarrollo de las obras. Es facultad expresa y única la redacción de aquellas modificaciones o aclaraciones directamente relacionadas con la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno; el cálculo o recálculo del dimensionado y armado de todos y cada uno de los elementos principales y complementarios de la cimentación y de la estructura vertical y horizontal; los que afecten sustancialmente a la distribución de espacios y las soluciones de fachada y cubierta y dimensionado y composición de huecos, así como la modificación de los materiales previstos.

Asesorar al Director de la Ejecución de la Obra en aquellas aclaraciones y dudas que pudieran acontecer para el correcto desarrollo de la misma, en lo que respecta a las interpretaciones de las especificaciones de proyecto.

Asistir a las obras a fin de resolver las contingencias que se produzcan para asegurar la correcta interpretación y ejecución del proyecto, así como impartir las soluciones aclaratorias que fueran necesarias, consignando en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que se estimara oportunas reseñar para la correcta interpretación de lo proyectado, sin perjuicio de efectuar todas las aclaraciones y órdenes verbales que estimare oportuno.

Firmar el Acta de replanteo o de comienzo de obra y el Certificado Final de Obra, así como firmar el visto bueno de las certificaciones parciales referidas al porcentaje de obra efectuada y, en su caso y a instancias del Promotor, la supervisión de la documentación que se le presente relativa a las unidades de obra realmente ejecutadas previa a su liquidación final, todo ello con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Informar puntualmente al Promotor de aquellas modificaciones sustanciales que, por razones técnicas o normativas, conllevan una variación de lo construido con respecto al proyecto básico y de ejecución y que afecten o puedan afectar al contrato suscrito entre el promotor y los destinatarios finales de las viviendas.

Redactar la documentación final de obra, en lo que respecta a la documentación gráfica y escrita del proyecto ejecutado, incorporando las modificaciones efectuadas. Para ello, los técnicos redactores de proyectos y/o estudios complementarios deberán obligatoriamente entregarle la documentación final en la que se haga constar el estado final de las obras y/o instalaciones por ellos redactadas, supervisadas y realmente ejecutadas, siendo responsabilidad de los firmantes la veracidad y exactitud de los documentos presentados.

Al Proyecto Final de Obra se anejará el Acta de Recepción Final; la relación identificativa de los agentes que han intervenido en el proceso de edificación, incluidos todos los subcontratistas y oficios intervinientes; las instrucciones de Uso y Mantenimiento del Edificio y de sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

La documentación a la que se hace referencia en los dos apartados anteriores es parte constituyente del Libro del Edificio y el Promotor deberá entregar una copia completa a los usuarios finales del mismo que, en el caso de edificios de viviendas plurifamiliares, se materializa en un ejemplar que deberá ser custodiado por el Presidente de la Comunidad de Propietarios o por el Administrador, siendo éstos los responsables de divulgar al resto de propietarios su contenido y de hacer cumplir los requisitos de mantenimiento que constan en la citada documentación.

Además de todas las facultades que corresponden al Arquitecto Director de Obra, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección mediata, denominada alta dirección en lo que al cumplimiento de las directrices generales del proyecto se refiere, y a la adecuación de lo construido a éste.

Cabe señalar expresamente que la resistencia al cumplimiento de las órdenes de los Arquitectos Directores de Obra en su labor de alta dirección se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá recusar al Contratista y/o acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el Contratista de las consecuencias legales y económicas.

1.2.7.5. El Director de la Ejecución de la Obra

Corresponde al Arquitecto Técnico o Aparejador, según se establece en el Artículo 13 de la LOE y demás legislación vigente al efecto, las atribuciones competenciales y obligaciones que se señalan a continuación:

La Dirección inmediata de la Obra.

Verificar personalmente la recepción a pié de obra, previo a su acopio o colocación definitiva, de todos los productos y materiales suministrados necesarios para la ejecución de la obra, comprobando que se ajustan con precisión a las determinaciones del proyecto y a las normas exigibles de calidad, con la plena potestad de aceptación o rechazo de los mismos en caso de que lo considerase oportuno y por causa justificada, ordenando la realización de pruebas y ensayos que fueran necesarios.

Dirigir la ejecución material de la obra de acuerdo con las especificaciones de la memoria y de los planos del Proyecto, así como, en su caso, con las instrucciones complementarias necesarias que recabara del Director de Obra.

Anticiparse con la antelación suficiente a las distintas fases de la puesta en obra, requiriendo las aclaraciones al Arquitecto o Arquitectos Directores de Obra que fueran necesarias y planificando de manera anticipada y continuada con el Contratista principal y los subcontratistas los trabajos a efectuar.

Comprobar los replanteos, los materiales, hormigones y demás productos suministrados, exigiendo la presentación de los oportunos certificados de idoneidad de los mismos.

Verificar la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, extendiéndose dicho cometido a todos los elementos de cimentación y estructura horizontal y vertical, con comprobación de sus especificaciones concretas de dimensionado de elementos, tipos de viguetas y adecuación a ficha técnica homologada, diámetros nominales, longitudes de anclaje y adecuados solape y doblado de barras.

Observancia de los tiempos de encofrado y desencofrado de vigas, pilares y forjados señalados por la Instrucción del Hormigón vigente y de aplicación.

Comprobación del correcto dimensionado de rampas y escaleras y de su adecuado trazado y replanteo con acuerdo a las pendientes, desniveles proyectados y al cumplimiento



de todas las normativas que son de aplicación; a dimensiones parciales y totales de elementos, a su forma y geometría específica, así como a las distancias que deben guardarse entre ellos, tanto en horizontal como en vertical.

Verificación de la adecuada puesta en obra de fábricas y cerramientos, a su correcta y completa trabazón y, en general, a lo que atañe a la ejecución material de la totalidad de la obra y sin excepción alguna, de acuerdo a los criterios y leyes de los materiales y de la correcta construcción (*lex artis*) y a las normativas de aplicación.

Asistir a la obra con la frecuencia, dedicación y diligencia necesarias para cumplir eficazmente la debida supervisión de la ejecución de la misma en todas sus fases, desde el replanteo inicial hasta la total finalización del edificio, dando las órdenes precisas de ejecución al Contratista y, en su caso, a los subcontratistas.

Consignar en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que considerara oportuno reseñar para la correcta ejecución material de las obras.

Supervisar posteriormente el correcto cumplimiento de las órdenes previamente efectuadas y la adecuación de lo realmente ejecutado a lo ordenado previamente.

Verificar el adecuado trazado de instalaciones, conductos, acometidas, redes de evacuación y su dimensionado, comprobando su idoneidad y ajuste tanto a las especificaciones del proyecto de ejecución como de los proyectos parciales, coordinando dichas actuaciones con los técnicos redactores correspondientes.

Detener la Obra si, a su juicio, existiera causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Ordenes y Asistencias, dando cuenta inmediata a los Arquitectos Directores de Obra que deberán necesariamente corroborarla para su plena efectividad, y al Promotor.

Supervisar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, respecto a lo especificado por la normativa vigente, en cuyo cometido y obligaciones tiene legalmente competencia exclusiva, programando bajo su responsabilidad y debidamente coordinado y auxiliado por el Contratista, las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias de elementos estructurales, así como las pruebas de estanqueidad de fachadas y de sus elementos, de cubiertas y sus impermeabilizaciones, comprobando la eficacia de las soluciones.

Informar con prontitud a los Arquitectos Directores de Obra de los resultados de los Ensayos de Control conforme se vaya teniendo conocimiento de los mismos, proponiéndole la realización de pruebas complementarias en caso de resultados adversos.

Tras la oportuna comprobación, emitir las certificaciones parciales o totales relativas a las unidades de obra realmente ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Colaborar activa y positivamente con los restantes agentes intervinientes, sirviendo de nexo de unión entre éstos, el Contratista, los Subcontratistas y el personal de la obra.

Elaborar y suscribir responsablemente la documentación final de obra relativa a los resultados del Control de Calidad y, en concreto, a aquellos ensayos y verificaciones de ejecución de obra realizados bajo su supervisión relativos a los elementos de la cimentación, muros y estructura, a las pruebas de estanqueidad y escorrentía de cubiertas y de fachadas, a las verificaciones del funcionamiento de las instalaciones de saneamiento y desagües de pluviales y demás aspectos señalados en la normativa de Control de Calidad.

Suscribir conjuntamente el Certificado Final de Obra, acreditando con ello su conformidad a la correcta ejecución de las obras y a la comprobación y verificación positiva de los ensayos y pruebas realizadas.

Si se hiciera caso omiso de las órdenes efectuadas por el Arquitecto Técnico, Director de la Ejecución de las Obras, se considerara como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el Contratista de las consecuencias legales y económicas.

1.2.7.6. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al director de la ejecución de las obras.

Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las Comunidades Autónomas con competencia en la materia.

1.2.7.7. Los suministradores de productos

Realizar las entregas de los productos de acuerdo con las especificaciones del pedido, respondiendo de su origen, identidad y calidad, así como del cumplimiento de las exigencias que, en su caso, establezca la normativa técnica aplicable.

Facilitar, cuando proceda, las instrucciones de uso y mantenimiento de los productos suministrados, así como las garantías de calidad correspondientes, para su inclusión en la documentación de la obra ejecutada.

1.2.7.8. Los propietarios y los usuarios

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuenta.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

1.2.8. Documentación final de obra: Libro del Edificio

De acuerdo con el Artículo 7 de la Ley de Ordenación de la Edificación, una vez finalizada la obra, el proyecto con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el Director de Obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.

A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

Toda la documentación a que hacen referencia los apartados anteriores, que constituirá el Libro del Edificio, será entregada a los usuarios finales del edificio.

1.2.8.1. Los propietarios y los usuarios

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuenta.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

1.3. Disposiciones Económicas

1.3.1. Definición

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, Promotor y Contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

1.3.2. Contrato de obra

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el Promotor y el Contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa (Director de Obra y Director de Ejecución de la Obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

Sólo se aconseja contratar por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación, o cuando se desee un acabado muy esmerado.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la Dirección Facultativa pueda, de hecho, COORDINAR, DIRIGIR y CONTROLAR la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el Contratista.
- Condiciones de ocupación del solar e inicio de las obras.
- Determinación de los gastos de enganches y consumos.
- Responsabilidades y obligaciones del Contratista: Legislación laboral.
- Responsabilidades y obligaciones del Promotor.
- Presupuesto del Contratista.
- Revisión de precios (en su caso).
- Forma de pago: Certificaciones.
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%).
- Plazos de ejecución: Planning.
- Retraso de la obra: Penalizaciones.
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva.
- Litigio entre las partes.

Dado que este Pliego de Condiciones Económicas es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la Dirección Facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente Pliego de Condiciones Económicas que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de obra.

1.3.3. Criterio General

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.), tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

1.3.4. Fianzas

El Contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra:

1.3.4.1. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en nombre y representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

1.3.4.2. Devolución de las fianzas

La fianza recibida será devuelta al Contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El Promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

1.3.4.3. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales

Si el Promotor, con la conformidad del Director de Obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

1.3.5. De los precios

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construir la obra. Descompondremos el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, y basándonos en esos precios, calcularemos el presupuesto.

1.3.5.1. Precio básico

Es el precio por unidad (ud., m, kg, etc.) de un material dispuesto a pie de obra, (incluido su transporte a obra, descarga en obra, embalajes, etc.) o el precio por hora de la maquinaria y de la mano de obra.

1.3.5.2. Precio unitario

Es el precio de una unidad de obra que obtendremos como suma de los siguientes costes:

- Costes directos: calculados como suma de los productos "precio básico x cantidad" de la mano de obra, maquinaria y materiales que intervienen en la ejecución de la unidad de obra.
- Medios auxiliares: Costes directos complementarios, calculados en forma porcentual como porcentaje de otros componentes, debido a que representan los costes directos que intervienen en la ejecución de la unidad de obra y que son de difícil cuantificación. Son diferentes para cada unidad de obra.
- Costes indirectos: aplicados como un porcentaje de la suma de los costes directos y medios auxiliares, igual para cada unidad de obra debido a que representan los costes de los factores necesarios para la ejecución de la obra que no se corresponden a ninguna unidad de obra en concreto.

En relación a la composición de los precios, el vigente Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre) establece que la composición y el cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se base en la determinación de los costes directos e indirectos precisos para su ejecución, sin

incorporar, en ningún caso, el importe del Impuesto sobre el Valor Añadido que pueda gravar las entregas de bienes o prestaciones de servicios realizados.

Considera costes directos:

- La mano de obra que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que quedan integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.

Deben incluirse como costes indirectos:

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorio, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, excepto aquéllos que se reflejen en el presupuesto valorados en unidades de obra o en partidas alzadas, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos, igual para todas las unidades de obra, que adoptará, en cada caso, el autor del proyecto a la vista de la naturaleza de la obra proyectada, de la importancia de su presupuesto y de su previsible plazo de ejecución.

Las características técnicas de cada unidad de obra, en las que se incluyen todas las especificaciones necesarias para su correcta ejecución, se encuentran en el apartado de 'Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.', junto a la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra.

Si en la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra no figurase alguna operación necesaria para su correcta ejecución, se entiende que está incluida en el precio de la unidad de obra, por lo que no supondrá cargo adicional o aumento de precio de la unidad de obra contratada.

Para mayor aclaración, se exponen algunas operaciones o trabajos, que se entiende que siempre forman parte del proceso de ejecución de las unidades de obra:

- El transporte y movimiento vertical y horizontal de los materiales en obra, incluso carga y descarga de los camiones.
- Eliminación de restos, limpieza final y retirada de residuos a vertedero de obra.
- Transporte de escombros sobrantes a vertedero autorizado.
- Montaje, comprobación y puesta a punto.
- Las correspondientes legalizaciones y permisos en instalaciones.
- Maquinaria, andamiajes y medios auxiliares necesarios.

Trabajos que se considerarán siempre incluidos y para no ser reiterativos no se especifican en cada una de las unidades de obra.

1.3.5.3. Presupuesto de Ejecución Material (PEM)

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen.

Se denomina Presupuesto de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas. Es decir, el coste de la obra sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

1.3.5.4. Precios contradictorios

Sólo se producirán precios contradictorios cuando el Promotor, por medio del Director de Obra, decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista siempre estará obligado a efectuar los cambios indicados.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Director de Obra y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el contrato de obra o, en su defecto, antes de quince días hábiles desde que se le comunique fehacientemente al Director de Obra. Si subsiste la diferencia, se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto y, en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiese se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato de obra. Nunca se tomará para la valoración de los correspondientes precios contradictorios la fecha de la ejecución de la unidad de obra en cuestión.

1.3.5.5. Reclamación de aumento de precios

Si el Contratista, antes de la firma del contrato de obra, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

1.3.5.6. Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres locales respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas. Se estará a lo previsto en el Presupuesto y en el criterio de medición en obra recogido en el Pliego.

1.3.5.7. De la revisión de los precios contratados

El presupuesto presentado por el Contratista se entiende que es cerrado, por lo que no se aplicará revisión de precios.

Sólo se procederá a efectuar revisión de precios cuando haya quedado explícitamente determinado en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

1.3.5.8. Acopio de materiales

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que el Promotor ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario, son de la exclusiva propiedad de éste, siendo el Contratista responsable de su guarda y conservación.

1.3.6. Obras por administración

Se denominan "Obras por administración" aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el Promotor, bien por sí mismo, por un representante suyo o por mediación de un Contratista.

Las obras por administración se clasifican en dos modalidades:

- Obras por administración directa.
- Obras por administración delegada o indirecta.

Según la modalidad de contratación, en el contrato de obra se regulará:

- Su liquidación.
- El abono al Contratista de las cuentas de administración delegada.

- Las normas para la adquisición de los materiales y aparatos.
- Responsabilidades del Contratista en la contratación por administración en general y, en particular, la debida al bajo rendimiento de los obreros.

1.3.7. Valoración y abono de los trabajos

1.3.7.1. Forma y plazos de abono de las obras

Se realizará por certificaciones de obra y se recogerán las condiciones en el contrato de obra establecido entre las partes que intervienen (Promotor y Contratista) que, en definitiva, es el que tiene validez.

Los pagos se efectuarán por la propiedad en los plazos previamente establecidos en el contrato de obra, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de la obra conformadas por el Director de Ejecución de la Obra, en virtud de las cuáles se verifican aquéllos.

El Director de Ejecución de la Obra realizará, en la forma y condiciones que establezca el criterio de medición en obra incorporado en las Prescripciones en cuanto a la Ejecución por unidad de obra, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el período de tiempo anterior, pudiendo el Contratista presenciar la realización de tales mediciones.

Para las obras o partes de obra que, por sus dimensiones y características, hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el contratista está obligado a avisar al Director de Ejecución de la Obra con la suficiente antelación, a fin de que éste pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, cuya conformidad suscribirá el Contratista.

A falta de aviso anticipado, cuya existencia corresponde probar al Contratista, queda este obligado a aceptar las decisiones del Promotor sobre el particular.

1.3.7.2. Relaciones valoradas y certificaciones

En los plazos fijados en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista, éste último formulará una relación valorada de las obras ejecutadas durante las fechas previstas, según la medición practicada por el Director de Ejecución de la Obra.

Las certificaciones de obra serán el resultado de aplicar, a la cantidad de obra realmente ejecutada, los precios contratados de las unidades de obra. Sin embargo, los excesos de obra realizada en unidades, tales como excavaciones y hormigones, que sean imputables al Contratista, no serán objeto de certificación alguna.

Los pagos se efectuarán por el Promotor en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra, conformadas por la Dirección Facultativa. Tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la Liquidación Final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones parciales la aceptación, la aprobación, ni la recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. Si la Dirección Facultativa lo exigiera, las certificaciones se extenderán a origen.

1.3.7.3. Mejora de obras libremente ejecutadas

Cuando el Contratista, incluso con la autorización del Director de Obra, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el proyecto o sustituyese una clase de fábrica por otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin

solicitársela, cualquier otra modificación que sea beneficiosa a juicio de la Dirección Facultativa, no tendrá derecho más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

1.3.7.4. Abono de trabajos presupuestados con partida alzada

El abono de los trabajos presupuestados en partida alzada se efectuará previa justificación por parte del Contratista. Para ello, el Director de Obra indicará al Contratista, con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta.

1.3.7.5. Abono de trabajos especiales no contratados

Cuando fuese preciso efectuar cualquier tipo de trabajo de índole especial u ordinaria que, por no estar contratado, no sea de cuenta del Contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el Contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por la Propiedad por separado y en las condiciones que se estipulen en el contrato de obra.

1.3.7.6. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

Efectuada la recepción provisional, y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo, y el Director de obra exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en el presente Pliego de Condiciones, sin estar sujetos a revisión de precios.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Promotor, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

1.3.8. Indemnizaciones Mutuas

1.3.8.1. Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras

Si, por causas imputables al Contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el Promotor podrá imponer al Contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

1.3.8.2. Demora de los pagos por parte del Promotor

Se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

1.3.9. Varios

1.3.9.1. Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra

Sólo se admitirán mejoras de obra, en el caso que el Director de Obra haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como de los materiales y maquinaria previstos en el contrato.

Sólo se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, en el caso que el Director de Obra haya ordenado por escrito la ampliación de las contratadas como consecuencia de observar errores en las mediciones de proyecto.

En ambos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o maquinaria ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Director de Obra introduzca innovaciones que supongan una reducción en los importes de las unidades de obra contratadas.

1.3.9.2. Unidades de obra defectuosas

Las obras defectuosas no se valorarán.

1.3.9.3. Seguro de las obras

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

1.3.9.4. Conservación de la obra

El Contratista está obligado a conservar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

1.3.9.5. Uso por el Contratista de edificio o bienes del Promotor

No podrá el Contratista hacer uso de edificio o bienes del Promotor durante la ejecución de las obras sin el consentimiento del mismo.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como por resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que se estipule en el contrato de obra.

1.3.9.6. Pago de arbitrios

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista, siempre que en el contrato de obra no se estipule lo contrario.

1.3.10. Retenciones en concepto de garantía

Del importe total de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del cinco por cien (5%) y responderá de los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionarle al Promotor.

Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del Promotor durante el tiempo designado como PERIODO DE GARANTÍA, pudiendo ser dicha retención, "en metálico" o mediante un aval bancario que garantice el importe total de la retención.

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al Contratista en el plazo estipulado en el contrato, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas atribuibles a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros o subcontratos.

1.3.11. Plazos de ejecución: Planning de obra

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

1.3.12. Liquidación económica de las obras

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el Promotor y el Contratista. En este acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, las llaves, los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la Normativa Vigente, así como los proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

Dicha Acta de Liquidación Económica servirá de Acta de Recepción Provisional de las obras, para lo cual será conformada por el Promotor, el Contratista, el Director de Obra y el Director de Ejecución de la Obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de las mismas a cargo del Promotor.

La citada recepción de las obras, provisional y definitiva, queda regulada según se describe en las Disposiciones Generales del presente Pliego.

1.3.13. Liquidación final de la obra

Entre el Promotor y Contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta sólo mediará, en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.

2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

2.1. Prescripciones sobre los materiales

Para facilitar la labor a realizar, por parte del Director de la Ejecución de la Obra, para el control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra de acuerdo con lo especificado en el artículo 7.2. del CTE, en el presente proyecto se especifican las características técnicas que deberán cumplir los productos, equipos y sistemas suministrados.

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego. Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica que avale sus cualidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

Este control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas comprenderá según el artículo 7.2. del CTE:

- El control de la documentación de los suministros, realizado de acuerdo con el artículo 7.2.1.
- El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad, según el artículo 7.2.2.
- El control mediante ensayos, conforme al artículo 7.2.3.

Por parte del Constructor o Contratista debe existir obligación de comunicar a los suministradores de productos las cualidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que previamente al empleo de los mismos se solicite la aprobación del Director de Ejecución de la Obra y de las entidades y laboratorios encargados del control de calidad de la obra.

El Contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

El Contratista notificará al Director de Ejecución de la Obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el Director de Ejecución de la Obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el Director de Ejecución de la Obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocados en obra, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en perjuicio del buen acabado de la obra, serán retirados de la obra. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del Contratista.

El hecho de que el Contratista subcontrate cualquier partida de obra no le exime de su responsabilidad.

La simple inspección o examen por parte de los Técnicos no supone la recepción absoluta de los mismos, siendo los oportunos ensayos los que determinen su idoneidad, no extinguiéndose la responsabilidad contractual del Contratista a estos efectos hasta la recepción definitiva de la obra.

2.1.1. Garantías de calidad (Marcado CE)

El término producto de construcción queda definido como cualquier producto fabricado para su incorporación, con carácter permanente, a las obras de edificación e ingeniería civil que tengan incidencia sobre los siguientes requisitos esenciales:

- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Seguridad en caso de incendio.
- Higiene, salud y medio ambiente.
- Seguridad de utilización.
- Protección contra el ruido.
- Ahorro de energía y aislamiento térmico.

El marcado CE de un producto de construcción indica:

- Que éste cumple con unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).
- Que se ha cumplido el sistema de evaluación de la conformidad establecido por la correspondiente Decisión de la Comisión Europea.

Siendo el fabricante el responsable de su fijación y la Administración competente en materia de industria la que vele por la correcta utilización del marcado CE.

Es obligación del Director de la Ejecución de la Obra verificar si los productos que entran en la obra están afectados por el cumplimiento del sistema del marcado CE y, en caso de ser así, si se cumplen las condiciones establecidas en el Real Decreto 1630/1992 por el

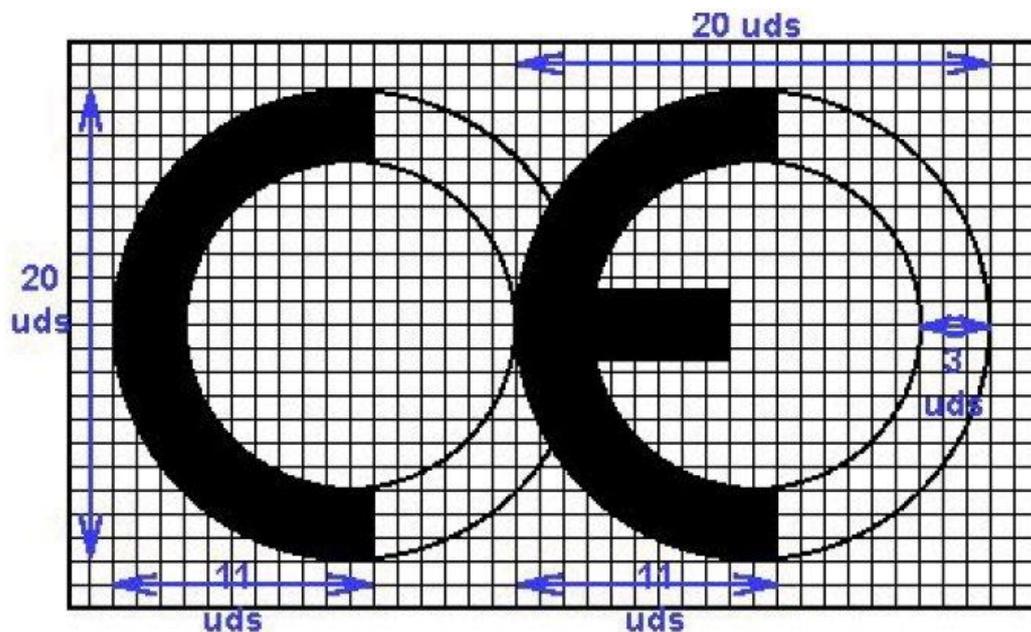
que se transpone a nuestro ordenamiento legal la Directiva de Productos de Construcción 89/106/CEE.

El marcado CE se materializa mediante el símbolo “CE” acompañado de una información complementaria.

El fabricante debe cuidar de que el marcado CE figure, por orden de preferencia:

- En el producto propiamente dicho.
- En una etiqueta adherida al mismo.
- En su envase o embalaje.
- En la documentación comercial que le acompaña.

Las letras del símbolo CE se realizan según el dibujo adjunto y deben tener una dimensión vertical no inferior a 5 mm.



Además del símbolo CE deben estar situadas en una de las cuatro posibles localizaciones una serie de inscripciones complementarias, cuyo contenido específico se determina en las normas armonizadas y Guías DITE para cada familia de productos, entre las que se incluyen:

- el número de identificación del organismo notificado (cuando proceda)
- el nombre comercial o la marca distintiva del fabricante
- la dirección del fabricante
- el nombre comercial o la marca distintiva de la fábrica
- las dos últimas cifras del año en el que se ha estampado el marcado en el producto
- el número del certificado CE de conformidad (cuando proceda)
- el número de la norma armonizada y en caso de verse afectada por varias los números de todas ellas
- la designación del producto, su uso previsto y su designación normalizada
- información adicional que permita identificar las características del producto atendiendo a sus especificaciones técnicas

Las inscripciones complementarias del marcado CE no tienen por qué tener un formato, tipo de letra, color o composición especial, debiendo cumplir únicamente las características reseñadas anteriormente para el símbolo.

Ejemplo de marcado CE:

	Símbolo
0123	Nº de organismo notificado
Empresa	Nombre del fabricante
Dirección registrada	Dirección del fabricante
Fábrica	Nombre de la fábrica
Año	Dos últimas cifras del año
0123-CPD-0456	Nº del certificado de conformidad CE
EN 197-1	Norma armonizada
CEM I 42,5 R	Designación normalizada
Límite de cloruros (%)	Información adicional
Límite de pérdida por calcinación de cenizas (%)	
Nomenclatura normalizada de aditivos	

Dentro de las características del producto podemos encontrar que alguna de ellas presente la mención "Prestación no determinada" (PND).

La opción PND es una clase que puede ser considerada si al menos un estado miembro no tiene requisitos legales para una determinada característica y el fabricante no desea facilitar el valor de esa característica.

2.1.2. Hormigones

2.1.2.1. Hormigón estructural

2.1.2.1.1. Condiciones de suministro

- El hormigón se debe transportar utilizando procedimientos adecuados para conseguir que las masas lleguen al lugar de entrega en las condiciones estipuladas, sin experimentar variación sensible en las características que poseían recién amasadas.
- Cuando el hormigón se amasa completamente en central y se transporta en amasadoras móviles, el volumen de hormigón transportado no deberá exceder del 80% del volumen total del tambor. Cuando el hormigón se amasa, o se termina de amasar, en amasadora móvil, el volumen no excederá de los dos tercios del volumen total del tambor.
- Los equipos de transporte deberán estar exentos de residuos de hormigón o mortero endurecido, para lo cual se limpiarán cuidadosamente antes de proceder a la carga de una nueva masa fresca de hormigón. Asimismo, no deberán presentar desperfectos o desgastes en las paletas o en su superficie interior que puedan afectar a la homogeneidad del hormigón.
- El transporte podrá realizarse en amasadoras móviles, a la velocidad de agitación, o en equipos con o sin agitadores, siempre que tales equipos tengan superficies lisas y redondeadas y sean capaces de mantener la homogeneidad del hormigón durante el transporte y la descarga.

2.1.2.1.2. Recepción y control

■ Documentación de los suministros:

- Los suministradores entregarán al Constructor, quién los facilitará a la Dirección Facultativa, cualquier documento de identificación del producto exigido por la reglamentación aplicable o, en su caso, por el proyecto o por la Dirección Facultativa. Se facilitarán los siguientes documentos:
 - Antes del suministro:
 - Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente.
 - Se entregarán los certificados de ensayo que garanticen el cumplimiento de lo establecido en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
 - Durante el suministro:
 - Cada carga de hormigón fabricado en central, tanto si ésta pertenece o no a las instalaciones de obra, irá acompañada de una hoja de suministro que estará en todo momento a disposición de la Dirección de Obra, y en la que deberán figurar, como mínimo, los siguientes datos:
 - Nombre de la central de fabricación de hormigón.
 - Número de serie de la hoja de suministro.
 - Fecha de entrega.
 - Nombre del peticionario y del responsable de la recepción.
 - Especificación del hormigón.
 - En el caso de que el hormigón se designe por propiedades:
 - Designación.
 - Contenido de cemento en kilos por metro cúbico (kg/m^3) de hormigón, con una tolerancia de ± 15 kg.
 - Relación agua/cemento del hormigón, con una tolerancia de $\pm 0,02$.
 - En el caso de que el hormigón se designe por dosificación:
 - Contenido de cemento por metro cúbico de hormigón.
 - Relación agua/cemento del hormigón, con una tolerancia de $\pm 0,02$.
 - Tipo de ambiente.
 - Tipo, clase y marca del cemento.
 - Consistencia.
 - Tamaño máximo del árido.
 - Tipo de aditivo, si lo hubiere, y en caso contrario indicación expresa de que no contiene.
 - Procedencia y cantidad de adición (cenizas volantes o humo de sílice) si la hubiere y, en caso contrario, indicación expresa de que no contiene.
 - Designación específica del lugar del suministro (nombre y lugar).
 - Cantidad de hormigón que compone la carga, expresada en metros cúbicos de hormigón fresco.
 - Identificación del camión hormigonera (o equipo de transporte) y de la persona que proceda a la descarga.
 - Hora límite de uso para el hormigón.
 - Después del suministro:
 - El certificado de garantía del producto suministrado, firmado por persona física con poder de representación suficiente.

- Distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica:
 - En su caso, los suministradores entregarán al Constructor, quién la facilitará a la Dirección Facultativa, una copia compulsada por persona física de los certificados que avalen que los productos que se suministrarán están en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, donde al menos constará la siguiente información:
 - Identificación de la entidad certificadora.
 - Logotipo del distintivo de calidad.
 - Identificación del fabricante.
 - Alcance del certificado.
 - Garantía que queda cubierta por el distintivo (nivel de certificación).
 - Número de certificado.
 - Fecha de expedición del certificado.
- Ensayos:
 - La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

2.1.2.1.3. Conservación, almacenamiento y manipulación

- En el vertido y colocación de las masas, incluso cuando estas operaciones se realicen de un modo continuo mediante conducciones apropiadas, se adoptarán las debidas precauciones para evitar la disgregación de la mezcla.

2.1.2.1.4. Recomendaciones para su uso en obra

- El tiempo transcurrido entre la adición de agua de amasado al cemento y a los áridos y la colocación del hormigón, no debe ser mayor de hora y media. En tiempo caluroso, o bajo condiciones que contribuyan a un rápido fraguado del hormigón, el tiempo límite deberá ser inferior, a menos que se adopten medidas especiales que, sin perjudicar la calidad del hormigón, aumenten el tiempo de fraguado.
- Hormigonado en tiempo frío:
 - La temperatura de la masa de hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a 5°C.
 - Se prohíbe verter el hormigón sobre elementos (armaduras, moldes, etc.) cuya temperatura sea inferior a cero grados centígrados.
 - En general, se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de cero grados centígrados.
 - En los casos en que, por absoluta necesidad, se hormigone en tiempo de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para garantizar que, durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón, no se producirán deterioros locales en los elementos correspondientes, ni mermas permanentes apreciables de las características resistentes del material.
- Hormigonado en tiempo caluroso:
 - Si la temperatura ambiente es superior a 40°C o hay un viento excesivo, se suspenderá el hormigonado, salvo que, previa autorización expresa de la Dirección de Obra, se adopten medidas especiales.

2.1.3. Aceros para hormigón armado

2.1.3.1. Aceros corrugados

2.1.3.1.1. Condiciones de suministro

- Los aceros se deben transportar protegidos adecuadamente contra la lluvia y la agresividad de la atmósfera ambiental.

2.1.3.1.2. Recepción y control

- Documentación de los suministros:
 - Los suministradores entregarán al Constructor, quién los facilitará a la Dirección Facultativa, cualquier documento de identificación del producto exigido por la reglamentación aplicable o, en su caso, por el proyecto o por la Dirección Facultativa. Se facilitarán los siguientes documentos:
 - Antes del suministro:
 - Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente.
 - Hasta la entrada en vigor del mercado CE, se adjuntarán los certificados de ensayo que garanticen el cumplimiento de las siguientes características:
 - Características mecánicas mínimas garantizadas por el fabricante.
 - Ausencia de grietas después del ensayo de doblado-desdoblado.
 - Aptitud al doblado simple.
 - Los aceros soldables con características especiales de ductilidad deberán cumplir los requisitos de los ensayos de fatiga y deformación alternativa.
 - Características de adherencia. Cuando el fabricante garantice las características de adherencia mediante el ensayo de la viga, presentará un certificado de homologación de adherencia, en el que constará, al menos:
 - Marca comercial del acero.
 - Forma de suministro: barra o rollo.
 - Límites admisibles de variación de las características geométricas de los resaltos.
 - Composición química.
 - En la documentación, además, constará:
 - El nombre del laboratorio. En el caso de que no se trate de un laboratorio público, declaración de estar acreditado para el ensayo referido.
 - Fecha de emisión del certificado.
 - Durante el suministro:
 - Las hojas de suministro de cada partida o remesa.
 - Hasta la entrada en vigor del mercado CE, se adjuntará una declaración del sistema de identificación del acero que haya empleado el fabricante.
 - La clase técnica se especificará mediante un código de identificación del tipo de acero mediante engrosamientos u omisiones de corrugas o grafilas. Además, las barras corrugadas deberán llevar grabadas las marcas de identificación que incluyen información sobre el país de origen y el fabricante.
 - En el caso de que el producto de acero corrugado sea suministrado en rollo o proceda de operaciones de enderezado previas a su suministro, deberá indicarse explícitamente en la correspondiente hoja de suministro.

- En el caso de barras corrugadas en las que, dadas las características del acero, se precise de procedimientos especiales para el proceso de soldadura, el fabricante deberá indicarlos.
- Después del suministro:
 - El certificado de garantía del producto suministrado, firmado por persona física con poder de representación suficiente.
- Distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica:
 - En su caso, los suministradores entregarán al Constructor, quién la facilitará a la Dirección Facultativa, una copia compulsada por persona física de los certificados que avalen que los productos que se suministrarán están en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, donde al menos constará la siguiente información:
 - Identificación de la entidad certificadora.
 - Logotipo del distintivo de calidad.
 - Identificación del fabricante.
 - Alcance del certificado.
 - Garantía que queda cubierta por el distintivo (nivel de certificación).
 - Número de certificado.
 - Fecha de expedición del certificado.
 - Antes del inicio del suministro, la Dirección Facultativa valorará, en función del nivel de garantía del distintivo y de acuerdo con lo indicado en el proyecto y lo establecido en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), si la documentación aportada es suficiente para la aceptación del producto suministrado o, en su caso, qué comprobaciones deben efectuarse.
- Ensayos:
 - La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
 - En el caso de efectuarse ensayos, los laboratorios de control facilitarán sus resultados acompañados de la incertidumbre de medida para un determinado nivel de confianza, así como la información relativa a las fechas, tanto de la entrada de la muestra en el laboratorio como de la realización de los ensayos.
 - Las entidades y los laboratorios de control de calidad entregarán los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, a la Dirección Facultativa.

2.1.3.1.3. Conservación, almacenamiento y manipulación

- Durante el almacenamiento las armaduras se protegerán adecuadamente contra la lluvia y de la agresividad de la atmósfera ambiental. Hasta el momento de su empleo, se conservarán en obra, cuidadosamente clasificadas según sus tipos, calidades, diámetros y procedencias, para garantizar la necesaria trazabilidad.
- Antes de su utilización y especialmente después de un largo periodo de almacenamiento en obra, se examinará el estado de su superficie, con el fin de asegurarse de que no presenta alteraciones perjudiciales. Una ligera capa de óxido en la superficie de las barras no se considera perjudicial para su utilización. Sin embargo, no se admitirán pérdidas de peso por oxidación superficial, comprobadas después de una limpieza con cepillo de alambres hasta quitar el óxido adherido, que sean superiores al 1% respecto al peso inicial de la muestra.

- En el momento de su utilización, las armaduras pasivas deben estar exentas de sustancias extrañas en su superficie tales como grasa, aceite, pintura, polvo, tierra o cualquier otro material perjudicial para su buena conservación o su adherencia.
- La elaboración de armaduras mediante procesos de ferralla requiere disponer de unas instalaciones que permitan desarrollar, al menos, las siguientes actividades:
 - Almacenamiento de los productos de acero empleados.
 - Proceso de enderezado, en el caso de emplearse acero corrugado suministrado en rollo.
 - Procesos de corte, doblado, soldadura y armado, según el caso.

2.1.3.1.4. Recomendaciones para su uso en obra

- Para prevenir la corrosión, se deberá tener en cuenta todas las consideraciones relativas a los espesores de recubrimiento.
- Con respecto a los materiales empleados, se prohíbe poner en contacto las armaduras con otros metales de muy diferente potencial galvánico.
- Se prohíbe emplear materiales componentes (agua, áridos, aditivos y/o adiciones) que contengan iones despasivantes, como cloruros, sulfuros y sulfatos, en proporciones superiores a las establecidas.

2.1.4. Aceros para estructuras metálicas

2.1.4.1. Aceros en perfiles laminados

2.1.4.1.1. Condiciones de suministro

- Los aceros se deben transportar de una manera segura, de forma que no se produzcan deformaciones permanentes y los daños superficiales sean mínimos. Los componentes deben estar protegidos contra posibles daños en los puntos de eslingado (por donde se sujetan para izarlos).
- Los componentes prefabricados que se almacenan antes del transporte o del montaje deben estar apilados por encima del terreno y sin contacto directo con éste. Debe evitarse cualquier acumulación de agua. Los componentes deben mantenerse limpios y colocados de forma que se eviten las deformaciones permanentes.

2.1.4.1.2. Recepción y control

- Documentación de los suministros:
 - Para los productos planos:
 - Salvo acuerdo en contrario, el estado de suministro de los productos planos de los tipos S235, S275 y S355 de grado JR queda a elección del fabricante.
 - Si en el pedido se solicita inspección y ensayo, se deberá indicar:
 - Tipo de inspección y ensayos (específicos o no específicos).
 - El tipo de documento de la inspección.

- Para los productos largos:
 - Salvo acuerdo en contrario, el estado de suministro de los productos largos de los tipos S235, S275 y S355 de grado JR queda a elección del fabricante.
- Ensayos:
 - La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

2.1.4.1.3. Conservación, almacenamiento y manipulación

- Si los materiales han estado almacenados durante un largo periodo de tiempo, o de una manera tal que pudieran haber sufrido un deterioro importante, deberán ser comprobados antes de ser utilizados, para asegurarse de que siguen cumpliendo con la norma de producto correspondiente. Los productos de acero resistentes a la corrosión atmosférica pueden requerir un chorreo ligero antes de su empleo para proporcionarles una base uniforme para la exposición a la intemperie.
- El material deberá almacenarse en condiciones que cumplan las instrucciones de su fabricante, cuando se disponga de éstas.

2.1.4.1.4. Recomendaciones para su uso en obra

- El material no deberá emplearse si se ha superado la vida útil en almacén especificada por su fabricante.

2.2. Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.

Las prescripciones para la ejecución de cada una de las diferentes unidades de obra se organizan en los siguientes apartados:

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.

Se especifican, en caso de que existan, las posibles incompatibilidades, tanto físicas como químicas, entre los diversos componentes que componen la unidad de obra, o entre el soporte y los componentes.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Se describe la unidad de obra, detallando de manera pormenorizada los elementos que la componen, con la nomenclatura específica correcta de cada uno de ellos, de acuerdo a los criterios que marca la propia normativa.

NORMATIVA DE APLICACIÓN.

Se especifican las normas que afectan a la realización de la unidad de obra.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.

Indica cómo se ha medido la unidad de obra en la fase de redacción del proyecto, medición que luego será comprobada en obra.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.

Antes de iniciarse los trabajos de ejecución de cada una de las unidades de obra, el Director de la Ejecución de la Obra habrá recepcionado los materiales y los certificados acreditativos exigibles, en base a lo establecido en la documentación pertinente por el

técnico redactor del proyecto. Será preceptiva la aceptación previa por parte del Director de la Ejecución de la Obra de todos los materiales que constituyen la unidad de obra.

Así mismo, se realizarán una serie de comprobaciones previas sobre las condiciones del soporte, las condiciones ambientales del entorno, y la cualificación de la mano de obra, en su caso.

DEL SOPORTE.

Se establecen una serie de requisitos previos sobre el estado de las unidades de obra realizadas previamente, que pueden servir de soporte a la nueva unidad de obra.

AMBIENTALES.

En determinadas condiciones climáticas (viento, lluvia, humedad, etc.) no podrán iniciarse los trabajos de ejecución de la unidad de obra, deberán interrumpirse o será necesario adoptar una serie de medidas protectoras.

DEL CONTRATISTA.

En algunos casos, será necesaria la presentación al Director de la Ejecución de la Obra de una serie de documentos por parte del Contratista, que acrediten su cualificación, o la de la empresa por él subcontratada, para realizar cierto tipo de trabajos. Por ejemplo la puesta en obra de sistemas constructivos en posesión de un Documento de Idoneidad Técnica (DIT), deberán ser realizados por la propia empresa propietaria del DIT, o por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por ésta y bajo su control técnico.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

En este apartado se desarrolla el proceso de ejecución de cada unidad de obra, asegurando en cada momento las condiciones que permitan conseguir el nivel de calidad previsto para cada elemento constructivo en particular.

FASES DE EJECUCIÓN.

Se enumeran, por orden de ejecución, las fases de las que consta el proceso de ejecución de la unidad de obra.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

En algunas unidades de obra se hace referencia a las condiciones en las que debe finalizarse una determinada unidad de obra, para que no interfiera negativamente en el proceso de ejecución del resto de unidades.

Una vez terminados los trabajos correspondientes a la ejecución de cada unidad de obra, el Contratista retirará los medios auxiliares y procederá a la limpieza del elemento realizado y de las zonas de trabajo, recogiendo los restos de materiales y demás residuos originados por las operaciones realizadas para ejecutar la unidad de obra, siendo todos ellos clasificados, cargados y transportados a centro de reciclaje, vertedero específico o centro de acogida o transferencia.

PRUEBAS DE SERVICIO

En aquellas unidades de obra que sea necesario, se indican las pruebas de servicio a realizar por el propio Contratista o empresa instaladora, cuyo coste se encuentra incluido en el propio precio de la unidad de obra.

Aquellas otras pruebas de servicio o ensayos que no están incluidos en el precio de la unidad de obra, y que es obligatoria su realización por medio de laboratorios acreditados se encuentran detalladas y presupuestadas, en el correspondiente capítulo X de Control de Calidad y Ensayos, del Presupuesto de Ejecución Material (PEM).

Por ejemplo, esto es lo que ocurre en la unidad de obra ADP010, donde se indica que no está incluido en el precio de la unidad de obra el coste del ensayo de densidad y humedad "in situ".

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

En algunas unidades de obra se establecen las condiciones en que deben protegerse para la correcta conservación y mantenimiento en obra, hasta su recepción final.

COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.

Indica cómo se comprobarán en obra las mediciones de Proyecto, una vez superados todos los controles de calidad y obtenida la aceptación final por parte del Director de Ejecución de la Obra.

La medición del número de unidades de obra que ha de abonarse se realizará, en su caso, de acuerdo con las normas que establece este capítulo, tendrá lugar en presencia y con intervención del Contratista, entendiéndose que éste renuncia a tal derecho si, avisado oportunamente, no compareciese a tiempo. En tal caso, será válido el resultado que el Director de Ejecución de la Obra consigne.

Todas las unidades de obra se abonarán a los precios establecidos en el Presupuesto. Dichos precios se abonarán por las unidades terminadas y ejecutadas con arreglo al presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares y Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.

Estas unidades comprenden el suministro, cánones, transporte, manipulación y empleo de los materiales, maquinaria, medios auxiliares, mano de obra necesaria para su ejecución y costes indirectos derivados de estos conceptos, así como cuantas necesidades circunstanciales se requieran para la ejecución de la obra, tales como indemnizaciones por daños a terceros u ocupaciones temporales y costos de obtención de los permisos necesarios, así como de las operaciones necesarias para la reposición de servidumbres y servicios públicos o privados afectados tanto por el proceso de ejecución de las obras como por las instalaciones auxiliares.

Igualmente, aquellos conceptos que se especifican en la definición de cada unidad de obra, las operaciones descritas en el proceso de ejecución, los ensayos y pruebas de servicio y puesta en funcionamiento, inspecciones, permisos, boletines, licencias, tasas o similares.

No será de abono al Contratista mayor volumen de cualquier tipo de obra que el definido en los planos o en las modificaciones autorizadas por la Dirección Facultativa. Tampoco le será abonado, en su caso, el coste de la restitución de la obra a sus dimensiones correctas, ni la obra que hubiese tenido que realizar por orden de la Dirección Facultativa para subsanar cualquier defecto de ejecución.

TERMINOLOGÍA APLICADA EN EL CRITERIO DE MEDICIÓN.

A continuación, se detalla el significado de algunos de los términos utilizados en los diferentes capítulos de obra.

ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.

Volumen de tierras en perfil esponjado. La medición se referirá al estado de las tierras una vez extraídas. Para ello, la forma de obtener el volumen de tierras a transportar será la que resulte de aplicar el porcentaje de esponjamiento medio que proceda, en función de las características del terreno.

Volumen de relleno en perfil compactado. La medición se referirá al estado del relleno una vez finalizado el proceso de compactación.

Volumen teórico ejecutado. Será el volumen que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que las secciones excavadas hubieran quedado con mayores dimensiones.

CIMENTACIONES.

Superficie teórica ejecutada. Será la superficie que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que la superficie ocupada por el hormigón hubiera quedado con mayores dimensiones.

Volumen teórico ejecutado. Será el volumen que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que las secciones de hormigón hubieran quedado con mayores dimensiones.

ESTRUCTURAS.

Volumen teórico ejecutado. Será el volumen que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que las secciones de los elementos estructurales hubieran quedado con mayores dimensiones.

ESTRUCTURAS METÁLICAS.

Peso nominal medido. Serán los kg que resulten de aplicar a los elementos estructurales metálicos los pesos nominales que, según dimensiones y tipo de acero, figuren en tablas.

ESTRUCTURAS (FORJADOS).

Deduciendo los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$. Se medirá la superficie de los forjados de cara exterior a cara exterior de los zunchos que delimitan el perímetro de su superficie, descontando únicamente los huecos o pasos de forjados que tengan una superficie mayor de $X \text{ m}^2$.

En los casos de dos paños formados por forjados diferentes, objeto de precios unitarios distintos, que apoyen o empotren en una jácena o muro de carga común a ambos paños, cada una de las unidades de obra de forjado se medirá desde fuera a cara exterior de los elementos delimitadores al eje de la jácena o muro de carga común.

En los casos de forjados inclinados se tomará en verdadera magnitud la superficie de la cara inferior del forjado, con el mismo criterio anteriormente señalado para la deducción de huecos.

ESTRUCTURAS (MUROS).

Deduciendo los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$. Se aplicará el mismo criterio que para fachadas y particiones.

FACHADAS Y PARTICIONES.

Deduciendo los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$. Se medirán los paramentos verticales de fachadas y particiones descontando únicamente aquellos huecos cuya superficie sea mayor de $X \text{ m}^2$, lo que significa que:

Cuando los huecos sean menores de $X \text{ m}^2$ se medirán a cinta corrida como si no hubiera huecos. Al no deducir ningún hueco, en compensación de medir hueco por macizo, no se medirán los trabajos de formación de mochetas en jambas y dinteles.

Cuando los huecos sean mayores de $X \text{ m}^2$, se deducirá la superficie de estos huecos, pero se sumará a la medición la superficie de la parte interior del hueco, correspondiente al desarrollo de las mochetas.

Deduciendo todos los huecos. Se medirán los paramentos verticales de fachadas y particiones descontando la superficie de todos los huecos, pero se incluye la ejecución de todos los trabajos precisos para la resolución del hueco, así como los materiales que forman dinteles, jambas y vierteaguas.

A los efectos anteriores, se entenderá como hueco, cualquier abertura que tenga mochetas y dintel para puerta o ventana. En caso de tratarse de un vacío en la fábrica sin dintel, antepecho ni carpintería, se deducirá siempre el mismo al medir la fábrica, sea cual fuere su superficie.

En el supuesto de cerramientos de fachada donde las hojas, en lugar de apoyar directamente en el forjado, apoyen en una o dos hiladas de regularización que abarquen todo el espesor del cerramiento, al efectuar la medición de las unidades de obra se medirá su altura desde el forjado y, en compensación, no se medirán las hiladas de regularización.

INSTALACIONES.

Longitud realmente ejecutada. Medición según desarrollo longitudinal resultante, considerando, en su caso, los tramos ocupados por piezas especiales.

REVESTIMIENTOS (YESOS Y ENFOCADOS DE CEMENTO).

Deduciendo, en los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$, el exceso sobre los $X \text{ m}^2$. Los paramentos verticales y horizontales se medirán a cinta corrida, sin descontar huecos de superficie menor a $X \text{ m}^2$. Para huecos de mayor superficie, se descontará únicamente el exceso sobre esta superficie. En ambos casos se considerará incluida la ejecución de mochetas, fondos de dinteles y aristados. Los paramentos que tengan armarios empotrados no serán objeto de descuento, sea cual fuere su dimensión.

2.2.1. Acondicionamiento del terreno

Unidad de obra ADL010: Desbroce y limpieza del terreno, profundidad mínima de 25 cm, con medios manuales, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Desbroce y limpieza del terreno, con medios manuales. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: árboles, plantas, tocones, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm. Incluso transporte de la maquinaria, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.



NORMATIVA DE APLICACIÓN.

Ejecución NTE-ADE. Acondicionamiento del terreno. Desmontes: Explanaciones.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.

Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.

DEL SOPORTE.

Inspección ocular del terreno. Se comprobará la posible existencia de servidumbres, elementos enterrados, redes de servicio o cualquier tipo de instalaciones que puedan resultar afectadas por las obras a iniciar.

DEL CONTRATISTA.

Si existieran instalaciones en servicio que pudieran verse afectadas por los trabajos a realizar, solicitará de las correspondientes compañías suministradoras su situación y, en su caso, la solución a adoptar, así como las distancias de seguridad a tendidos aéreos de conducción de energía eléctrica.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

FASES DE EJECUCIÓN.

Replanteo previo. Remoción de los materiales de desbroce. Retirada y disposición de los materiales objeto de desbroce. Carga a camión.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

La superficie del terreno quedará limpia y en condiciones adecuadas para poder realizar el replanteo definitivo de la obra.

COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.

Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

Unidad de obra ADE010: Excavación en zanjas para cimentaciones en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Excavación de tierras a cielo abierto para formación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Incluso transporte de la maquinaria, refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados y carga a camión.



NORMATIVA DE APLICACIÓN.

Ejecución

- **CTE. DB SE-C Seguridad estructural: Cimientos.**
- **NTE-ADZ. Acondicionamiento del terreno. Desmontes: Zanjas y pozos.**

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.

Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.

DEL SOPORTE.

Se comprobará la posible existencia de servidumbres, elementos enterrados, redes de servicio o cualquier tipo de instalaciones que puedan resultar afectadas por las obras a iniciar. Se dispondrá de la información topográfica y geotécnica necesaria, recogida en el correspondiente estudio geotécnico del terreno realizado por un laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente, y que incluirá, entre otros datos: tipo, humedad y compacidad o consistencia del terreno. Se dispondrán puntos fijos de referencia en lugares que puedan verse afectados por la excavación, a los cuales se referirán todas las lecturas de cotas de nivel y desplazamientos horizontales y verticales de los puntos del terreno. Se comprobará el estado de conservación de los edificios medianeros y de las construcciones próximas que puedan verse afectadas por las excavaciones.

DEL CONTRATISTA.

Si existieran instalaciones en servicio que pudieran verse afectadas por los trabajos a realizar, solicitará de las correspondientes compañías suministradoras su situación y, en su caso, la solución a adoptar, así como las distancias de seguridad a tendidos aéreos de conducción de energía eléctrica. Notificará al Director de Ejecución de la obra, con la antelación suficiente, el comienzo de las excavaciones. En caso de realizarse cualquier tipo de entibación del terreno, presentará al Director de Ejecución de la obra, para su aprobación, los cálculos justificativos de la solución a adoptar.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

FASES DE EJECUCIÓN.

Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Carga a camión de las tierras excavadas.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

El fondo de la excavación quedará nivelado, limpio y ligeramente apisonado.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Las excavaciones quedarán protegidas frente a filtraciones y acciones de erosión o desmoronamiento por parte de las aguas de escorrentía. Se tomarán las medidas oportunas para asegurar que sus características geométricas permanecen inamovibles. En tanto se efectúe la consolidación definitiva de las paredes y fondo de las excavaciones se conservarán las entibaciones realizadas, que sólo podrán quitarse, total o parcialmente, previa comprobación del Director de Ejecución de la obra, y en la forma y plazos que éste dictamine.

COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.

Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el Director de Ejecución de la obra.

2.2.2. Cimentaciones

Unidad de obra CSZ010: Zapata de cimentación de hormigón armado HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido desde camión, acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 50 kg/m³.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.

Dependiendo de la agresividad del terreno o la presencia de agua con sustancias agresivas, se elegirá el cemento adecuado para la fabricación del hormigón, así como su dosificación y permeabilidad y el espesor de recubrimiento de las armaduras.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Formación de zapata de cimentación de hormigón armado HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido desde camión, con una cuantía aproximada de acero UNE-EN 10080 B 500 S de 50 kg/m³. Incluso p/p de armaduras de espera del soporte.

NORMATIVA DE APLICACIÓN.

Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón

- **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).**

Ejecución

- **CTE. DB SE-C Seguridad estructural: Cimientos.**
- **NTE-CSZ. Cimentaciones superficiales: Zapatas.**

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.

Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.

DEL SOPORTE.

Se comprobará la existencia de la capa de hormigón de limpieza, que presentará un plano de apoyo horizontal y una superficie limpia.

AMBIENTALES.

Se suspenderán los trabajos de hormigonado cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.

DEL CONTRATISTA.

Dispondrá en obra de una serie de medios, en previsión de que se produzcan cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no pudiendo comenzarse el hormigonado de los diferentes elementos sin la autorización por escrito del Director de Ejecución de la obra.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

FASES DE EJECUCIÓN.

Replanteo y trazado de las zapatas y de los pilares u otros elementos estructurales que apoyen en las mismas. Colocación de separadores y fijación de las armaduras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase de cimientos. Curado del hormigón.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

El conjunto será monolítico y transmitirá correctamente las cargas al terreno. La superficie quedará sin imperfecciones.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Se protegerán y señalarán las armaduras de espera.

COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.

Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

Unidad de obra CSZ015: Hormigón de limpieza HM-10/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.

Dependiendo de la agresividad del terreno o la presencia de agua con sustancias agresivas, se elegirá el cemento adecuado para la fabricación del hormigón, así como su dosificación y permeabilidad.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Formación de zapata de cimentación de hormigón en masa HM-10/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión.

NORMATIVA DE APLICACIÓN.

Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón

- **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).**

Ejecución

- **CTE. DB SE-C Seguridad estructural: Cimientos.**
- **NTE-CSZ. Cimentaciones superficiales: Zapatas.**

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.

Volumen teórico, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.

DEL SOPORTE.

Se comprobará la existencia de la capa de hormigón de limpieza, que presentará un plano de apoyo horizontal y una superficie limpia.

AMBIENTALES.

Se suspenderán los trabajos de hormigonado cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.

DEL CONTRATISTA.

Dispondrá en obra de una serie de medios, en previsión de que se produzcan cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no pudiendo comenzarse el hormigonado de los diferentes elementos sin la autorización por escrito del Director de Ejecución de la obra.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

FASES DE EJECUCIÓN.

Replanteo y trazado de las zapatas y de los pilares u otros elementos estructurales que apoyen en las mismas. Colocación de los separadores y de los arranques del pilar. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase de cimientos. Curado del hormigón.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

El conjunto será monolítico y transmitirá correctamente las cargas al terreno. La superficie quedará sin imperfecciones.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Se protegerán y señalarán las armaduras de espera.

COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.

Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

2.2.3. Estructuras

Unidad de obra EAE010: Acero S275JR en escalera de mano interior realizada con perfiles laminados en caliente y soldados.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.

La zona de soldadura no se pintará. No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Suministro y montaje de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, para zancas de escalera, mediante uniones soldadas. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos retoques y/o desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.

NORMATIVA DE APLICACIÓN.

Ejecución

- CTE. DB SE-A Seguridad estructural: Acero.
- UNE-ENV 1090-1. Ejecución de estructuras de acero. Parte 1: Reglas generales y reglas para edificación.
- NTE-EAZ. Estructuras de acero: Zancas.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.

Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.

AMBIENTALES.

No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

DEL CONTRATISTA.

Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

FASES DE EJECUCIÓN.

Replanteo de la zanca. Colocación y fijación provisional de los perfiles. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Reparación de defectos superficiales.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.

Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

Unidad de obra EAS006: Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, de 280x280 mm y espesor 22 mm, con 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 12 mm de diámetro y 50 cm de longitud total, atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.

No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Suministro de placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, de 300x300 mm y espesor 25 mm, y montaje sobre 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 12 mm de diámetro y 50 cm de longitud total, embutidos en el hormigón fresco, y atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca una vez endurecido el hormigón del cimientado. Incluso p/p de limpieza y preparación de la superficie soporte, taladro central, nivelación, relleno del espacio resultante entre el hormigón endurecido y la placa con mortero autonivelante expansivo, aplicación de una protección anticorrosiva a las tuercas y extremos de los pernos, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos retoques y/o desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje.

NORMATIVA DE APLICACIÓN.

Ejecución

- CTE. DB SE-A Seguridad estructural: Acero.
- UNE-ENV 1090-1. Ejecución de estructuras de acero. Parte 1: Reglas generales y reglas para edificación.
- NTE-EAS. Estructuras de acero: Soportes.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.

Unidad proyectada, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.

DEL CONTRATISTA.

Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

FASES DE EJECUCIÓN.

Limpieza y preparación de la superficie de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación. Relleno con mortero. Aplicación de la protección anticorrosiva.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

La posición de la placa será correcta y estará ligada con la cimentación. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

Unidad de obra EAV010: Perfiles redondos de acero S275JR laminados en caliente con uniones soldadas.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.

La zona de soldadura no se pintará. No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Suministro y montaje de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, para vigas y correas, mediante uniones soldadas. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos retoques y/o desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.

NORMATIVA DE APLICACIÓN.

Ejecución

- CTE. DB SE-A Seguridad estructural: Acero.
- UNE-ENV 1090-1. Ejecución de estructuras de acero. Parte 1: Reglas generales y reglas para edificación.
- NTE-EAV. Estructuras de acero: Vigas.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.

Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.**AMBIENTALES.**

No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

DEL CONTRATISTA.

Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

PROCESO DE EJECUCIÓN.**FASES DE EJECUCIÓN.**

Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la viga. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Reparación de defectos superficiales.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.

Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

2.2.4. Instalaciones

Unidad de obra IPE010: Sistema externo de protección frente al rayo, formado por pararrayos tipo punta Franklin, con semiángulo de protección de 45° para un nivel de protección 4, colocado en pared o estructura sobre mástil de acero galvanizado y 8 m de altura, y pletina conductora de cobre estañado.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Suministro e instalación de sistema externo de protección frente al rayo, formado por pararrayos tipo Franklin, con semiángulo de protección de 45° para un nivel de protección 4 según DB SUA Seguridad de utilización y accesibilidad (CTE), colocado en pared o estructura sobre mástil telescópico de acero galvanizado y 8 m de altura. Incluso soportes, piezas especiales, pletina conductora de cobre estañado, vías de chispas, contador de los impactos de rayo recibidos, tubos de protección de las bajadas y tomas de tierra con pletina conductora de cobre estañado. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).

NORMATIVA DE APLICACIÓN.

Instalación

- **CTE. DB SUA Seguridad de utilización y accesibilidad.**
- **UNE-EN 62305-1. Protección contra el rayo. Parte 1: Principios generales.**

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.

Unidad proyectada, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.

DEL SOPORTE.

Se comprobará que su ubicación y los recorridos de la instalación se corresponden con los de Proyecto.

FASES DE EJECUCIÓN.

Preparación del emplazamiento. Ejecución de la toma de tierra. Preparación del paramento de bajada del conductor terminado. Sujeción definitiva. Conexión a la red conductora. Realización de pruebas de servicio.

PRUEBAS DE SERVICIO.

Prueba de resistencia eléctrica.

Normativa de aplicación: NTE-IPP. Instalaciones de protección: Pararrayos

COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

2.2.5. Gestión de residuos

Unidad de obra GTA010: Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Transporte de tierras con camión de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km, considerando el tiempo de espera para la carga a máquina en obra, ida, descarga, vuelta y coste del vertido. Sin incluir la carga en obra.

NORMATIVA DE APLICACIÓN.

Gestión de residuos **Regulación de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.**

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.

Volumen medido sobre las secciones teóricas de las excavaciones, incrementadas cada una de ellas por su correspondiente coeficiente de esponjamiento, de acuerdo con el tipo de terreno considerado.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.

DEL SOPORTE.

Se comprobará que están perfectamente señalizadas sobre el terreno las zonas de trabajo y vías de circulación, para la organización del tráfico.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

FASES DE EJECUCIÓN.

Transporte de tierras a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, con protección de las mismas mediante su cubrición con lonas o toldos.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

Las vías de circulación utilizadas durante el transporte quedarán completamente limpias de cualquier tipo de restos.

COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.

Se medirá, incluyendo el esponjamiento, el volumen de tierras realmente transportado según especificaciones de Proyecto.

Unidad de obra GRA010: Transporte de residuos inertes metálicos producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 7 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Transporte de residuos inertes metálicos producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 7 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, considerando ida, descarga y vuelta. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor, y coste del vertido.

NORMATIVA DE APLICACIÓN.

Gestión de residuos **Regulación de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.**

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.

Unidad proyectada, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA.

DEL SOPORTE.

Se comprobará que están perfectamente señalizadas sobre el terreno las zonas de trabajo y vías de circulación, para la organización del tráfico.

PROCESO DE EJECUCIÓN.

FASES DE EJECUCIÓN.

Carga a camión del contenedor. Transporte de residuos de construcción a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

Las vías de circulación utilizadas durante el transporte quedarán completamente limpias de cualquier tipo de restos.

COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.

Se medirá el número de unidades realmente transportadas según especificaciones de Proyecto.

Unidad de obra GRA010b: Transporte de residuos inertes de hormigón producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Transporte de residuos inertes de hormigón producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 1,5 m³, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, considerando ida, descarga y vuelta. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor, y coste del vertido.

NORMATIVA DE APLICACIÓN.

Gestión de residuos **Regulación de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.**

EJECUCIÓN, MEDICIÓN Y ABONO.

Como la unidad de obra GRA010

2.2.6. Control de calidad y ensayos

Unidad de obra XEB010: Ensayo sobre una muestra de barras de acero corrugado de un mismo lote, con determinación de: sección media equivalente, características geométricas del corrugado, doblado/desdoblado.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Ensayo a realizar en laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente, sobre una muestra de dos barras de acero corrugado de un mismo lote, tomada en obra, para la determinación de las siguientes características: sección media equivalente según UNE-EN ISO 15630-1, características geométricas del corrugado según UNE-EN 10080, doblado/desdoblado según UNE-EN ISO 15630-1. Incluso desplazamiento a obra, toma de muestra e informe de resultados.

NORMATIVA DE APLICACIÓN.

Control del acero **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.

Ensayo a realizar, según documentación del Plan de control de calidad.

FASES DE EJECUCIÓN.

Desplazamiento a obra. Toma de muestras. Realización de ensayos. Redacción de informe de los resultados de los ensayos realizados.

Unidad de obra XEH010: Ensayo sobre una muestra de hormigón con determinación de: consistencia del hormigón fresco mediante el método de asentamiento del cono de Abrams y resistencia característica a compresión del hormigón endurecido mediante control estadístico con fabricación de seis probetas, curado, refrentado y rotura a compresión.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Ensayo a realizar en laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente, sobre una muestra de hormigón fresco, tomada en obra según UNE-EN 12350-1, para la determinación de las siguientes características: consistencia del hormigón fresco mediante el método de asentamiento del cono de Abrams según UNE-EN 12350-2 y resistencia característica a compresión del hormigón endurecido mediante control estadístico con fabricación y curado de seis probetas cilíndricas de 15x30 cm del mismo lote según UNE-EN 12390-2, refrentado y rotura a compresión de las mismas según UNE-EN 12390-3. Incluso desplazamiento a obra, toma de muestra e informe de resultados.

NORMATIVA DE APLICACIÓN.

Control del hormigón **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**.

EJECUCIÓN, MEDICIÓN Y ABONO.

Como la unidad de obra XEB010

Unidad de obra XMP010: Ensayo destructivo sobre una muestra de perfil laminado, con determinación de: límite elástico aparente, resistencia a tracción, módulo de elasticidad, alargamiento y estricción.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Ensayos a realizar en laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente, sobre una muestra de perfil laminado para uso en estructura metálica, tomada en obra, para la determinación de las siguientes características: límite elástico aparente, resistencia a tracción, módulo de elasticidad, alargamiento y estricción, según UNE-EN ISO 6892-1. Incluso desplazamiento a obra e informe de resultados.

EJECUCIÓN, MEDICIÓN Y ABONO.

Como la unidad de obra XEB010

Unidad de obra XMP020: Ensayo de aptitud al soldeo sobre una muestra soldada de perfil laminado, con determinación de: disminución de la carga total de rotura.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Ensayos a realizar en laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente, sobre una muestra soldada de perfil laminado para uso en estructura metálica, tomada en obra, para confirmar su aptitud al soldeo mediante la determinación de las siguientes características: disminución de la carga total de rotura. Incluso desplazamiento a obra e informe de resultados.

EJECUCIÓN, MEDICIÓN Y ABONO.

Como la unidad de obra XEB010

Unidad de obra XMS010: Inspección visual sobre una unión soldada.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Inspección visual a realizar por laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente, sobre una unión soldada en estructura metálica, para la determinación de las imperfecciones superficiales y, en ocasiones, defectos internos de la unión, según UNE-EN 970. Incluso desplazamiento a obra e informe de resultados.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO.

Ensayo a realizar, según documentación del Plan de control de calidad.

FASES DE EJECUCIÓN.

Desplazamiento a obra. Realización del ensayo. Redacción de informe del resultado del ensayo realizado.

COMPROBACIÓN EN OBRA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS EN PROYECTO Y ABONO DE LAS MISMAS.

Se medirá el número de ensayos realizados por laboratorio acreditado según especificaciones de Proyecto.

2.3. Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado

De acuerdo con el artículo 7.4 del CTE, en la obra terminada, bien sobre el edificio en su conjunto, o bien sobre sus diferentes partes y sus instalaciones, totalmente terminadas, deben realizarse, además de las que puedan establecerse con carácter voluntario, las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el presente pliego, por parte del constructor, y a su cargo, independientemente de las ordenadas por la Dirección Facultativa y las exigidas por la legislación aplicable, que serán realizadas por laboratorio acreditado y cuyo coste se especifica detalladamente en el capítulo de Control de Calidad y Ensayos, del Presupuesto de Ejecución material (PEM) del proyecto.

C CIMENTACIONES

Según el CTE DB SE C, en su apartado 4.6.5, antes de la puesta en servicio del edificio se debe comprobar, por parte del Director de Ejecución de la Obra, que:

- La cimentación se comporta en la forma prevista en el proyecto.
- No se aprecia que se estén superando las cargas admisibles.
- Los asientos se ajustan a lo previsto, si, en casos especiales, así lo exige el proyecto o el Director de Obra.
- No se han plantado árboles cuyas raíces puedan originar cambios de humedad en el terreno de cimentación, o creado zonas verdes cuyo drenaje no esté previsto en el proyecto, sobre todo en terrenos expansivos.

Así mismo, es recomendable controlar los movimientos del terreno para cualquier tipo de construcción, por parte de la empresa constructora, y obligatorio en el caso de edificios del tipo C-3 (construcciones entre 11 y 20 plantas) y C-4 (conjuntos monumentales o singulares y edificios de más de 20 plantas), mediante el establecimiento por parte de una organización con experiencia en este tipo de trabajos, dirigida por un técnico competente, de un sistema de nivelación para controlar el asiento en las zonas más características de la obra, en las siguientes condiciones:

- El punto de referencia debe estar protegido de cualquier eventual perturbación, de forma que pueda considerarse como inmóvil durante todo el periodo de observación.
- El número de pilares a nivelar no será inferior al 10% del total de la edificación. En el caso de que la superestructura se apoye sobre muros, se preverá un punto de observación cada 20 m de longitud, como mínimo. En cualquier caso, el número mínimo de referencias de nivelación será de 4. La precisión de la nivelación será de 0,1 mm.
- La cadencia de lecturas será la adecuada para advertir cualquier anomalía en el comportamiento de la cimentación. Es recomendable efectuarlas al completarse el 50% de la estructura, al final de la misma, y al terminar la tabiquería de cada dos plantas.
- El resultado final de las observaciones se incorporará a la documentación de la obra.

E ESTRUCTURAS

Una vez finalizada la ejecución de cada fase de la estructura, al entrar en carga se comprobará visualmente su eficaz comportamiento, por parte de la Dirección de Ejecución de la Obra, verificando que no se producen deformaciones no previstas en el proyecto ni aparecen grietas en los elementos estructurales.

En caso contrario y cuando se aprecie algún problema, se deben realizar pruebas de carga, cuyo coste será a cargo de la empresa constructora, para evaluar la seguridad de la estructura, en su totalidad o de una parte de ella. Estas pruebas de carga se realizarán de



acuerdo con un Plan de Ensayos que evalúe la viabilidad de las pruebas, por una organización con experiencia en este tipo de trabajos, dirigida por un técnico competente.

I INSTALACIONES

Las pruebas finales de la instalación se efectuarán, una vez esté el edificio terminado, por la empresa instaladora, que dispondrá de los medios materiales y humanos necesarios para su realización.

Todas las pruebas se efectuarán en presencia del instalador autorizado o del director de Ejecución de la Obra, que debe dar su conformidad tanto al procedimiento seguido como a los resultados obtenidos.

Los resultados de las distintas pruebas realizadas a cada uno de los equipos, aparatos o subsistemas pasarán a formar parte de la documentación final de la instalación. Se indicarán marca y modelo y se mostrarán, para cada equipo, los datos de funcionamiento según proyecto y los datos medidos en obra durante la puesta en marcha.

Cuando para extender el certificado de la instalación sea necesario disponer de energía para realizar pruebas, se solicitará a la empresa suministradora de energía un suministro provisional para pruebas, por el instalador autorizado o por el director de la instalación, y bajo su responsabilidad.

Serán a cargo de la empresa instaladora todos los gastos ocasionados por la realización de estas pruebas finales, así como los gastos ocasionados por el incumplimiento de las mismas.





ANEXO II: ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

1. CONTENIDO DEL DOCUMENTO

En cumplimiento del Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD), conforme a lo dispuesto en el Artículo 4 "Obligaciones del productor de residuos de construcción y demolición", el presente estudio desarrolla los puntos siguientes:

- Agentes intervinientes en la Gestión de RCD.
- Normativa y legislación aplicable.
- Identificación de los residuos de construcción y demolición generados en la obra, codificados según la Orden MAM/304/2002.
- Estimación de la cantidad generada en volumen y peso.
- Medidas para la prevención de los residuos en la obra.
- Operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos.
- Medidas para la separación de los residuos en obra.
- Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos.
- Valoración del coste previsto de la gestión de RCD.

2. AGENTES INTERVINIENTES

2.1. Identificación

El presente estudio corresponde al proyecto PRESUPUESTO TORRE DE TELECOMUNICACIONES, situado en Paterna.

Los agentes principales que intervienen en la ejecución de la obra son:

Promotor	Félix Acebedo Franco
Autor del proyecto	Félix Acebedo Franco
Constructor - Jefe de obra	X
Coordinador de seguridad y salud	X

Se ha estimado en el presupuesto del proyecto, un coste de ejecución material (Presupuesto de ejecución material) de 38.220,25 €.

2.1.1. Productor de residuos (Promotor)

Se identifica con el titular del bien inmueble en quien reside la decisión última de construir o demoler. Según el artículo 2 "Definiciones" del Real Decreto 105/2008, se pueden presentar tres casos:

1. La persona física o jurídica titular de la licencia urbanística en una obra de construcción o demolición; en aquellas obras que no precisen de licencia urbanística, tendrá la

consideración de productor del residuo la persona física o jurídica titular del bien inmueble objeto de una obra de construcción o demolición.

2. La persona física o jurídica que efectúe operaciones de tratamiento, de mezcla o de otro tipo, que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de los residuos.
3. El importador o adquirente en cualquier Estado miembro de la Unión Europea de residuos de construcción y demolición.

En el presente estudio, se identifica como el productor de los residuos:

2.1.2. Poseedor de residuos (Constructor)

En la presente fase del proyecto no se ha determinado el agente que actuará como Poseedor de los Residuos, siendo responsabilidad del Productor de los residuos (Promotor) su designación antes del comienzo de las obras.

2.1.3. Gestor de residuos

Es la persona física o jurídica, o entidad pública o privada, que realice cualquiera de las operaciones que componen la recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, incluida la vigilancia de estas operaciones y la de los vertederos, así como su restauración o gestión ambiental de los residuos, con independencia de ostentar la condición de productor de los mismos. Éste será designado por el Productor de los residuos (Promotor) con anterioridad al comienzo de las obras.

2.2. Obligaciones

2.2.1. Productor de residuos (Promotor)

Debe incluir en el proyecto de ejecución de la obra un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición, que contendrá como mínimo:

1. Una estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos, o norma que la sustituya.
2. Las medidas para la prevención de residuos en la obra objeto del proyecto.
3. Las operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.
4. Las medidas para la separación de los residuos en obra, en particular, para el cumplimiento por parte del poseedor de los residuos, de la obligación establecida en el apartado 5 del artículo 5.
5. Los planos de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra. Posteriormente, dichos planos podrán ser objeto de adaptación a las características particulares de la obra y sus sistemas de ejecución, previo acuerdo de la dirección facultativa de la obra.

6. Las prescripciones del pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra.
7. Una valoración del coste previsto de la gestión de los residuos de construcción y demolición, que formará parte del presupuesto del proyecto en capítulo independiente.

Está obligado a disponer de la documentación que acredite que los residuos de construcción y demolición realmente producidos en sus obras han sido gestionados, en su caso, en obra o entregados a una instalación de valorización o de eliminación para su tratamiento por gestor de residuos autorizado, en los términos recogidos en el Real Decreto 105/2008 y, en particular, en el presente estudio o en sus modificaciones. La documentación correspondiente a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.

En obras de demolición, rehabilitación, reparación o reforma, deberá preparar un inventario de los residuos peligrosos que se generarán, que deberá incluirse en el estudio de gestión de RCD, así como prever su retirada selectiva, con el fin de evitar la mezcla entre ellos o con otros residuos no peligrosos, y asegurar su envío a gestores autorizados de residuos peligrosos.

En los casos de obras sometidas a licencia urbanística, el poseedor de residuos, queda obligado a constituir una fianza o garantía financiera equivalente que asegure el cumplimiento de los requisitos establecidos en dicha licencia en relación con los residuos de construcción y demolición de la obra, en los términos previstos en la legislación de las comunidades autónomas correspondientes.

2.2.2. Poseedor de residuos (Constructor)

La persona física o jurídica que ejecute la obra - el constructor -, además de las prescripciones previstas en la normativa aplicable, está obligado a presentar a la propiedad de la misma un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación a los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra, en particular las recogidas en los artículos 4.1 y 5 del Real Decreto 105/2008 y las contenidas en el presente estudio.

El plan presentado y aceptado por la propiedad, una vez aprobado por la dirección facultativa, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

El poseedor de residuos de construcción y demolición, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Los residuos de construcción y demolición se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización.

La entrega de los residuos de construcción y demolición a un gestor por parte del poseedor habrá de constar en documento fehaciente, en el que figure, al menos, la identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la lista

europaea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, o norma que la sustituya, y la identificación del gestor de las operaciones de destino.

Cuando el gestor al que el poseedor entregue los residuos de construcción y demolición efectúe únicamente operaciones de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, en el documento de entrega deberá figurar también el gestor de valorización o de eliminación ulterior al que se destinarán los residuos.

En todo caso, la responsabilidad administrativa en relación con la cesión de los residuos de construcción y demolición por parte de los poseedores a los gestores se registrará por lo establecido en el artículo 33 de la Ley 10/1998, de 21 de abril.

Mientras se encuentren en su poder, el poseedor de los residuos estará obligado a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos dentro de la obra en que se produzcan.

Cuando por falta de espacio físico en la obra no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el poseedor podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre, la obligación recogida en el presente apartado.

El órgano competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma donde se ubique la obra, de forma excepcional, y siempre que la separación de los residuos no haya sido especificada y presupuestada en el proyecto de obra, podrá eximir al poseedor de los residuos de construcción y demolición de la obligación de separación de alguna o de todas las anteriores fracciones.

El poseedor de los residuos de construcción y demolición estará obligado a sufragar los correspondientes costes de gestión y a entregar al productor los certificados y la documentación acreditativa de la gestión de los residuos, así como a mantener la documentación correspondiente a cada año natural durante los cinco años siguientes.

2.2.3. Gestor de residuos

Además de las recogidas en la legislación específica sobre residuos, el gestor de residuos de construcción y demolición cumplirá con las siguientes obligaciones:

1. En el supuesto de actividades de gestión sometidas a autorización por la legislación de residuos, llevar un registro en el que, como mínimo, figure la cantidad de residuos gestionados, expresada en toneladas y en metros cúbicos, el tipo de residuos, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, o norma que la sustituya, la identificación del productor, del poseedor y de la obra de donde proceden, o del gestor, cuando procedan de otra operación anterior de gestión, el método de gestión aplicado, así como las cantidades, en toneladas y en metros cúbicos, y destinos de los productos y residuos resultantes de la actividad.
2. Poner a disposición de las administraciones públicas competentes, a petición de las mismas, la información contenida en el registro mencionado en el punto anterior. La

información referida a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.

3. Extender al poseedor o al gestor que le entregue residuos de construcción y demolición, en los términos recogidos en este real decreto, los certificados acreditativos de la gestión de los residuos recibidos, especificando el productor y, en su caso, el número de licencia de la obra de procedencia. Cuando se trate de un gestor que lleve a cabo una operación exclusivamente de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, deberá además transmitir al poseedor o al gestor que le entregó los residuos, los certificados de la operación de valorización o de eliminación subsiguiente a que fueron destinados los residuos.
4. En el supuesto de que carezca de autorización para gestionar residuos peligrosos, deberá disponer de un procedimiento de admisión de residuos en la instalación que asegure que, previamente al proceso de tratamiento, se detectarán y se separarán, almacenarán adecuadamente y derivarán a gestores autorizados de residuos peligrosos aquellos que tengan este carácter y puedan llegar a la instalación mezclados con residuos no peligrosos de construcción y demolición. Esta obligación se entenderá sin perjuicio de las responsabilidades en que pueda incurrir el productor, el poseedor o, en su caso, el gestor precedente que haya enviado dichos residuos a la instalación.

3. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLE

El presente estudio se redacta al amparo del artículo 4.1 a) del Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, sobre "Obligaciones del productor de residuos de construcción y demolición".

A la obra objeto del presente estudio le es de aplicación el Real Decreto 105/2008, en virtud del artículo 3, por generarse residuos de construcción y demolición definidos en el artículo 3, como:

"cualquier sustancia u objeto que, cumpliendo la definición de Residuo incluida en el artículo 3. de la Ley 10/1998, de 21 de abril, se genere en una obra de construcción o demolición" o bien, "aquel residuo no peligroso que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble ni combustible, ni reacciona física ni químicamente ni de ninguna otra manera, no es biodegradable, no afecta negativamente a otras materias con las cuales entra en contacto de forma que pueda dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. La lixiviabilidad total, el contenido de contaminantes del residuo y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes, y en particular no deberán suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales o subterráneas".

No es aplicable al presente estudio la excepción contemplada en el artículo 3.1 del Real Decreto 105/2008, al no generarse los siguientes residuos:

- a) Las tierras y piedras no contaminadas por sustancias peligrosas reutilizadas en la misma obra, en una obra distinta o en una actividad de restauración, acondicionamiento o

relleno, siempre y cuando pueda acreditarse de forma fehaciente su destino a reutilización.

- b) Los residuos de industrias extractivas regulados por la Directiva 2006/21/CE, de 15 de marzo.
- c) Los lodos de dragado no peligrosos reubicados en el interior de las aguas superficiales derivados de las actividades de gestión de las aguas y de las vías navegables, de prevención de las inundaciones o de mitigación de los efectos de las inundaciones o las sequías, reguladas por el Texto Refundido de la Ley de Aguas, por la Ley 48/2003, de 26 de noviembre, de régimen económico y de prestación de servicios de los puertos de interés general, y por los tratados internacionales de los que España sea parte.

A aquellos residuos que se generen en la presente obra y estén regulados por legislación específica sobre residuos, cuando estén mezclados con otros residuos de construcción y demolición, les será de aplicación el Real Decreto 105/2008 en los aspectos no contemplados en la legislación específica.

Para la elaboración del presente estudio se ha considerado la normativa siguiente:

- Artículo 45 de la Constitución Española.

Gestión de residuos

Ley de envases y residuos de envases

Ley 11/1997, de 24 de abril, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 25 de abril de 1997

Desarrollada por:

Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases

Real Decreto 782/1998, de 30 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 1998

Modificada por:

Modificación de diversos reglamentos del área de medio ambiente para su adaptación a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley de libre acceso a actividades de servicios y su ejercicio

Real Decreto 367/2010, de 26 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 27 de marzo de 2010

Ley de residuos

Ley 10/1998, de 21 de abril, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 22 de abril de 1998

Completada por:

Real Decreto por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero

Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, del Ministerio de Medio Ambiente.

B.O.E.: 29 de enero de 2002

Modificada por:

Ley de calidad del aire y protección de la atmósfera

Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 16 de noviembre de 2007

Modificada por:

Modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio

Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 23 de diciembre de 2009

Plan nacional de residuos de construcción y demolición 2001-2006

Resolución de 14 de junio de 2001, de la Secretaría General de Medio Ambiente.

B.O.E.: 12 de julio de 2001

Real Decreto por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero

Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, del Ministerio de Medio Ambiente.

B.O.E.: 29 de enero de 2002

Modificado por:

Regulación de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición

Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 13 de febrero de 2008

Modificado por:

Modificación de diversos reglamentos del área de medio ambiente para su adaptación a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley de libre acceso a actividades de servicios y su ejercicio

Real Decreto 367/2010, de 26 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 27 de marzo de 2010

Regulación de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición

Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 13 de febrero de 2008



Plan nacional integrado de residuos para el período 2008-2015

Resolución de 20 de enero de 2009, de la Secretaría de Estado de Cambio Climático.

B.O.E.: 26 de febrero de 2009

Decreto por el que se regula la utilización de residuos inertes adecuados en obras de restauración, acondicionamiento y relleno, o con fines de construcción

Decreto 200/2004, de 1 de octubre, del Consell de la Generalitat.

D.O.G.V.: 11 de octubre de 2004

CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS

Operaciones de valorización y eliminación de residuos y Lista europea de residuos

Orden MAM 304/2002, de 8 de febrero, del Ministerio de Medio Ambiente.

B.O.E.: 19 de febrero de 2002

Corrección de errores:

Corrección de errores de la Orden MAM 304/2002, de 8 de febrero

B.O.E.: 12 de marzo de 2002

4. IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN GENERADOS EN LA OBRA, CODIFICADOS SEGÚN LA ORDEN MAM/304/2002.

Todos los posibles residuos de construcción y demolición generados en la obra, se han codificado atendiendo a la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos, según la Lista Europea de Residuos (LER) aprobada por la Decisión 2005/532/CE, dando lugar a los siguientes grupos:

RCD de Nivel I: Tierras y materiales pétreos, no contaminados, procedentes de obras de excavación

El Real Decreto 105/2008 (artículo 3.1.a), considera como excepción de ser consideradas como residuos:

Las tierras y piedras no contaminadas por sustancias peligrosas, reutilizadas en la misma obra, en una obra distinta o en una actividad de restauración, acondicionamiento o relleno, siempre y cuando pueda acreditarse de forma fehaciente su destino a reutilización.

RCD de Nivel II: Residuos generados principalmente en las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la reparación domiciliaria y de la implantación de servicios.

Se ha establecido una clasificación de RCD generados, según los tipos de materiales de los que están compuestos:

Material según Orden Ministerial MAM/304/2002
RCD de Nivel I
1 Tierras y pétreos de la excavación
RCD de Nivel II
RCD de naturaleza no pétreo
1 Asfalto
2 Madera
3 Metales (incluidas sus aleaciones)
4 Papel y cartón
5 Plástico
6 Vidrio
7 Yeso
RCD de naturaleza pétreo
1 Arena, grava y otros áridos
2 Hormigón
3 Ladrillos, tejas y materiales cerámicos
4 Piedra
RCD potencialmente peligrosos
1 Basuras
2 Otros

5. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENERARÁN EN LA OBRA

Se ha estimado la cantidad de residuos generados en la obra, a partir de las mediciones del proyecto, en función del peso de materiales integrantes en los rendimientos de los correspondientes precios descompuestos de cada unidad de obra, determinando el peso de los restos de los materiales sobrantes (mermas, roturas, despuntes, etc) y el del embalaje de los productos suministrados.

El volumen de excavación de las tierras y de los materiales pétreos no utilizados en la obra, se ha calculado en función de las dimensiones del proyecto, afectado por un coeficiente de esponjamiento según la clase de terreno.

A partir del peso del residuo, se ha estimado su volumen mediante una densidad aparente definida por el cociente entre el peso del residuo y el volumen que ocupa una vez depositado en el contenedor.

Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

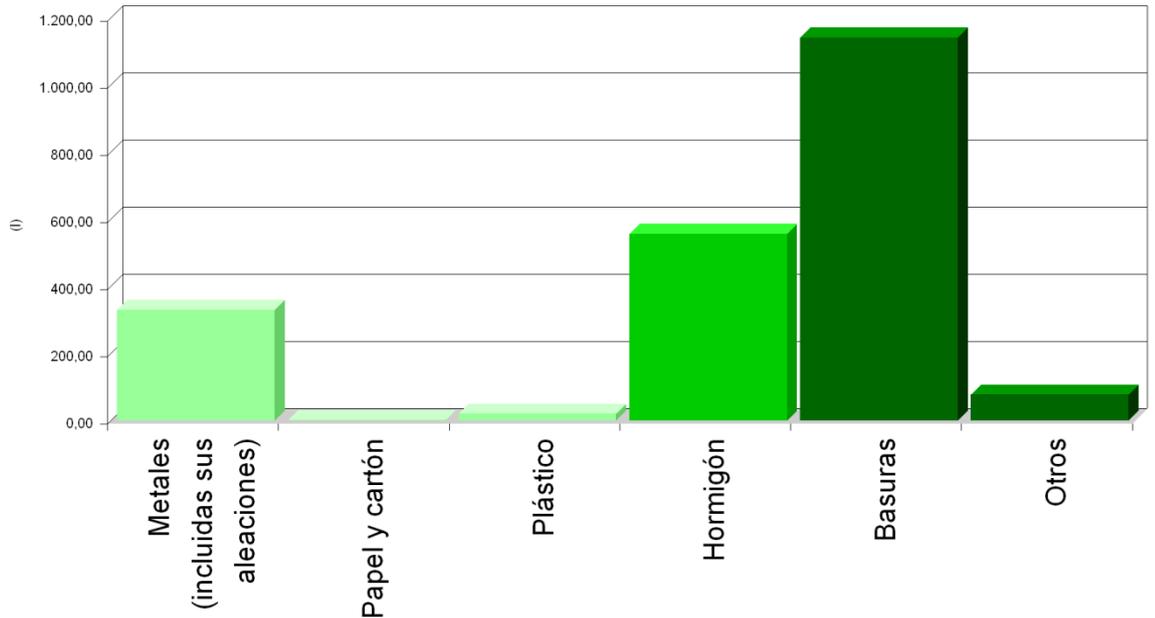
Material según Orden Ministerial MAM/304/2002	Código LER	Densidad aparente (t/m ³)	Peso (t)	Volumen (m ³)
RCD de Nivel I				
1 Tierras y pétreos de la excavación				
Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03.	17 05 04	1,34	103,238	76,908
RCD de Nivel II				
RCD de naturaleza no pétreo				
1 Madera				
Madera.	17 02 01	1,10	0,000	0,000
2 Metales (incluidas sus aleaciones)				

Material según Orden Ministerial MAM/304/2002	Código LER	Densidad aparente (t/m ³)	Peso (t)	Volumen (m ³)
Hierro y acero.	17 04 05	2,10	0,690	0,329
3 Papel y cartón				
Envases de papel y cartón.	15 01 01	0,75	0,001	0,001
4 Plástico				
Plástico.	17 02 03	0,60	0,012	0,020
RCD de naturaleza pétreo				
1 Hormigón				
Hormigón (hormigones, morteros y prefabricados).	17 01 01	1,50	0,834	0,556
RCD potencialmente peligrosos				
1 Basuras				
Residuos de la limpieza viaria.	20 03 03	1,50	1,713	1,142
2 Otros				
Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.	08 01 11	0,90	0,069	0,077

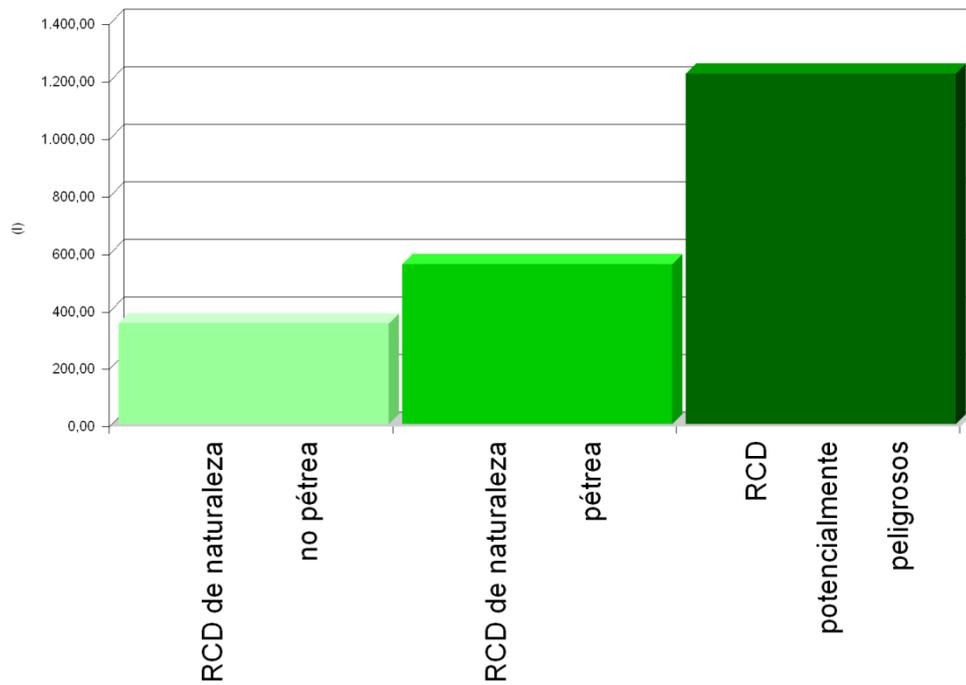
En la siguiente tabla, se exponen los valores del peso y el volumen de RCD, agrupados por niveles y apartados

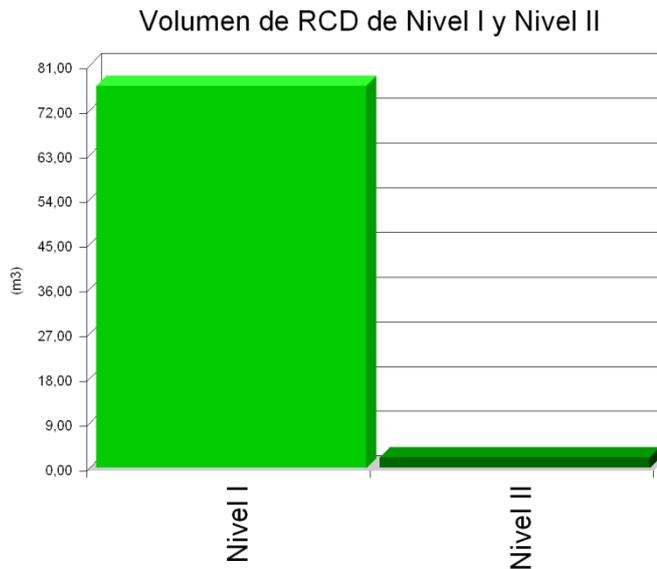
Material según Orden Ministerial MAM/304/2002	Peso (t)	Volumen (m ³)
RCD de Nivel I		
1 Tierras y pétreos de la excavación	103,238	76,908
RCD de Nivel II		
RCD de naturaleza no pétreo		
1 Asfalto	0,000	0,000
2 Madera	0,000	0,000
3 Metales (incluidas sus aleaciones)	0,690	0,329
4 Papel y cartón	0,001	0,001
5 Plástico	0,012	0,020
6 Vidrio	0,000	0,000
7 Yeso	0,000	0,000
RCD de naturaleza pétreo		
1 Arena, grava y otros áridos	0,000	0,000
2 Hormigón	0,834	0,556
3 Ladrillos, tejas y materiales cerámicos	0,000	0,000
4 Piedra	0,000	0,000
RCD potencialmente peligrosos		
1 Basuras	1,713	1,142
2 Otros	0,069	0,077

Volumen de RCD de Nivel II



Volumen de RCD de Nivel II





6. MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN LA OBRA OBJETO DEL PROYECTO

En la fase de proyecto se han tenido en cuenta las distintas alternativas compositivas, constructivas y de diseño, optando por aquellas que generan el menor volumen de residuos en la fase de construcción y de explotación, facilitando, además, el desmantelamiento de la obra al final de su vida útil con el menor impacto ambiental.

Con el fin de generar menos residuos en la fase de ejecución, el constructor asumirá la responsabilidad de organizar y planificar la obra, en cuanto al tipo de suministro, acopio de materiales y proceso de ejecución.

Como criterio general se adoptarán las siguientes medidas para la prevención de los residuos generados en la obra:

- La excavación se ajustará a las dimensiones específicas del proyecto, atendiendo a las cotas de los planos de cimentación, hasta la profundidad indicada en el mismo que coincidirá con el Estudio Geotécnico correspondiente con el visto bueno de la Dirección Facultativa. En el caso de que existan lodos de drenaje, se acotará la extensión de las bolsas de los mismos.
- Se evitará en lo posible la producción de residuos de naturaleza pétreo (bolos, grava, arena, etc.), pactando con el proveedor la devolución del material que no se utilice en la obra.
- El hormigón suministrado será preferentemente de central. En caso de que existan sobrantes se utilizarán en las partes de la obra que se prevea para estos casos, como hormigones de limpieza, base de solados, rellenos, etc.



- Las piezas que contengan mezclas bituminosas, se suministrarán justas en dimensión y extensión, con el fin de evitar los sobrantes innecesarios. Antes de su colocación se planificará la ejecución para proceder a la apertura de las piezas mínimas, de modo que queden dentro de los envases los sobrantes no ejecutados.
- Todos los elementos de madera se replantearán junto con el oficial de carpintería, con el fin de optimizar la solución, minimizar su consumo y generar el menor volumen de residuos.
- El suministro de los elementos metálicos y sus aleaciones, se realizará con las cantidades mínimas y estrictamente necesarias para la ejecución de la fase de la obra correspondiente, evitándose cualquier trabajo dentro de la obra, a excepción del montaje de los correspondientes kits prefabricados.
- Se solicitará de forma expresa a los proveedores que el suministro en obra se realice con la menor cantidad de embalaje posible, renunciando a los aspectos publicitarios, decorativos y superfluos.

En el caso de que se adopten otras medidas alternativas o complementarias para la prevención de los residuos de la obra, se le comunicará de forma fehaciente al Director de Obra y al Director de la Ejecución de la Obra para su conocimiento y aprobación. Estas medidas no supondrán menoscabo alguno de la calidad de la obra, ni interferirán en el proceso de ejecución de la misma.

7. OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN, VALORIZACIÓN O ELIMINACIÓN A QUE SE DESTINARÁN LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENEREN EN LA OBRA

El desarrollo de las actividades de valorización de residuos de construcción y demolición requerirá autorización previa del órgano competente en materia medioambiental de la Comunidad Autónoma correspondiente, en los términos establecidos por la Ley 10/1998, de 21 de abril.

La autorización podrá ser otorgada para una o varias de las operaciones que se vayan a realizar, y sin perjuicio de las autorizaciones o licencias exigidas por cualquier otra normativa aplicable a la actividad. Se otorgará por un plazo de tiempo determinado, y podrá ser renovada por periodos sucesivos.

La autorización sólo se concederá previa inspección de las instalaciones en las que vaya a desarrollarse la actividad y comprobación de la cualificación de los técnicos responsables de su dirección y de que está prevista la adecuada formación profesional del personal encargado de su explotación.

Los áridos reciclados obtenidos como producto de una operación de valorización de residuos de construcción y demolición deberán cumplir los requisitos técnicos y legales para el uso a que se destinen.

Cuando se prevea la operación de reutilización en otra construcción de los sobrantes de las tierras procedentes de la excavación, de los residuos minerales o pétreos, de los materiales cerámicos o de los materiales no pétreos y metálicos, el proceso se realizará preferentemente en el depósito municipal.

En relación al destino previsto para los residuos no reutilizables ni valorables "in situ", se expresan las características, su cantidad, el tipo de tratamiento y su destino, en la tabla siguiente:

Material según Orden Ministerial MAM/304/2002	Código LER	Tratamiento	Destino	Peso (t)	Volumen (m ³)
RCD de Nivel I					
1 Tierras y pétreos de la excavación					
Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03.	17 05 04	Sin tratamiento específico	Restauración / Vertedero	103,238	76,908
RCD de Nivel II					
RCD de naturaleza no pétreo					
1 Madera					
Madera.	17 02 01	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,000	0,000
2 Metales (incluidas sus aleaciones)					
Hierro y acero.	17 04 05	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,690	0,329
3 Papel y cartón					
Envases de papel y cartón.	15 01 01	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,001	0,001
4 Plástico					
Plástico.	17 02 03	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,012	0,020
RCD de naturaleza pétreo					
1 Hormigón					
Hormigón (hormigones, morteros y prefabricados).	17 01 01	Reciclado / Vertedero	Planta reciclaje RCD	0,834	0,556
RCD potencialmente peligrosos					
1 Basuras					
Residuos de la limpieza viaria.	20 03 03	Reciclado / Vertedero	Planta reciclaje RSU	1,713	1,142
2 Otros					
Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.	08 01 11	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RPs	0,069	0,077
<p><i>Notas:</i> RCD: Residuos de construcción y demolición RSU: Residuos sólidos urbanos RNPs: Residuos no peligrosos RPs: Residuos peligrosos</p>					

8. MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN OBRA

Los residuos de construcción y demolición se separarán en las siguientes fracciones cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

- Hormigón: 80 t.
- Ladrillos, tejas y materiales cerámicos: 40 t.
- Metales (incluidas sus aleaciones): 2 t.
- Madera: 1 t.
- Vidrio: 1 t.
- Plástico: 0.5 t.

- Papel y cartón: 0.5 t.

En la tabla siguiente se indica el peso total expresado en toneladas, de los distintos tipos de residuos generados en la obra objeto del presente estudio, y la obligatoriedad o no de su separación in situ.

TIPO DE RESIDUO	TOTAL RESIDUO OBRA (t)	UMBRAL SEGÚN NORMA (t)	SEPARACIÓN "IN SITU"
Hormigón	0.834	80.00	NO OBLIGATORIA
Ladrillos, tejas y materiales cerámicos	0.000	40.00	NO OBLIGATORIA
Metales (incluidas sus aleaciones)	0.690	2.00	NO OBLIGATORIA
Madera	0.000	1.00	NO OBLIGATORIA
Vidrio	0.000	1.00	NO OBLIGATORIA
Plástico	0.012	0.50	NO OBLIGATORIA
Papel y cartón	0.001	0.50	NO OBLIGATORIA

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra.

Si por falta de espacio físico en la obra no resulta técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el poseedor podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre, la obligación recogida en el artículo 5. "Obligaciones del poseedor de residuos de construcción y demolición" del Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero.

El órgano competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma donde se ubica la obra, de forma excepcional, y siempre que la separación de los residuos no haya sido especificada y presupuestada en el proyecto de obra, podrá eximir al poseedor de los residuos de construcción y demolición de la obligación de separación de alguna o de todas las anteriores fracciones.

9. PRESCRIPCIONES EN RELACIÓN CON EL ALMACENAMIENTO, MANEJO, SEPARACIÓN Y OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

El depósito temporal de los escombros se realizará en contenedores metálicos con la ubicación y condiciones establecidas en las ordenanzas municipales, o bien en sacos industriales con un volumen inferior a un metro cúbico, quedando debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.

Aquellos residuos valorizables, como maderas, plásticos, chatarra, etc., se depositarán en contenedores debidamente señalizados y segregados del resto de residuos, con el fin de facilitar su gestión.

Los contenedores deberán estar pintados con colores vivos, que sean visibles durante la noche, y deben contar con una banda de material reflectante de, al menos, 15 centímetros a lo largo de todo su perímetro, figurando de forma clara y legible la siguiente información:

- Razón social.
- Código de Identificación Fiscal (C.I.F.).
- Número de teléfono del titular del contenedor/envase.

- Número de inscripción en el Registro de Transportistas de Residuos del titular del contenedor.

Dicha información deberá quedar también reflejada a través de adhesivos o placas, en los envases industriales u otros elementos de contención.

El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas pertinentes para evitar que se depositen residuos ajenos a la misma. Los contenedores permanecerán cerrados o cubiertos fuera del horario de trabajo, con el fin de evitar el depósito de restos ajenos a la obra y el derramamiento de los residuos.

En el equipo de obra se deberán establecer los medios humanos, técnicos y procedimientos de separación que se dedicarán a cada tipo de RCD.

Se deberán cumplir las prescripciones establecidas en las ordenanzas municipales, los requisitos y condiciones de la licencia de obra, especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición, debiendo el constructor o el jefe de obra realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación, considerando las posibilidades reales de llevarla a cabo, es decir, que la obra o construcción lo permita y que se disponga de plantas de reciclaje o gestores adecuados.

El constructor deberá efectuar un estricto control documental, de modo que los transportistas y gestores de RCD presenten los vales de cada retirada y entrega en destino final. En el caso de que los residuos se reutilicen en otras obras o proyectos de restauración, se deberá aportar evidencia documental del destino final.

Los restos derivados del lavado de las canaletas de las cubas de suministro de hormigón prefabricado serán considerados como residuos y gestionados como le corresponde (LER 17 01 01).

Se evitará la contaminación mediante productos tóxicos o peligrosos de los materiales plásticos, restos de madera, acopios o contenedores de escombros, con el fin de proceder a su adecuada segregación.

Las tierras superficiales que puedan destinarse a jardinería o a la recuperación de suelos degradados, serán cuidadosamente retiradas y almacenadas durante el menor tiempo posible, dispuestas en caballones de altura no superior a 2 metros, evitando la humedad excesiva, su manipulación y su contaminación.

Los residuos que contengan amianto cumplirán los preceptos dictados por el Real Decreto 108/1991, sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto (artículo 7.), así como la legislación laboral de aplicación. Para determinar la condición de residuos peligrosos o no peligrosos, se seguirá el proceso indicado en la Orden MAM/304/2002, Anexo II. Lista de Residuos. Punto 6.

10. VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.

El coste previsto de la gestión de los residuos se ha determinado a partir de la estimación descrita en el apartado 5, "ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN QUE SE GENERARÁN EN LA OBRA", aplicando los precios

correspondientes para cada unidad de obra, según se detalla en el capítulo de Gestión de Residuos del presupuesto del proyecto.

11. DETERMINACIÓN DEL IMPORTE DE LA FIANZA

Con el fin de garantizar la correcta gestión de los residuos de construcción y demolición generados en las obras, las Entidades Locales exigen el depósito de una fianza u otra garantía financiera equivalente, que responda de la correcta gestión de los residuos de construcción y demolición que se produzcan en la obra, en los términos previstos en la legislación autonómica y municipal.

En el presente estudio se ha considerado, a efectos de la determinación del importe de la fianza, los importe mínimo y máximo fijados por la Entidad Local correspondiente.

- Costes de gestión de RCD de Nivel I: 4.00 €/m³
- Costes de gestión de RCD de Nivel II: 10.00 €/m³
- Importe mínimo de la fianza: 40.00 € - como mínimo un 0.2 % del PEM.
- Importe máximo de la fianza: 60000.00 €

En el cuadro siguiente, se determina el importe de la fianza o garantía financiera equivalente prevista en la gestión de RCD.

Presupuesto de Ejecución Material de la Obra (PEM): 38.220,25 €

A: ESTIMACIÓN DEL COSTE DE TRATAMIENTO DE RCD A EFECTOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA FIANZA

Tipología	Volumen (m ³)	Coste de gestión (€/m ³)	Importe (€)	% s/PEM
A.1. RCD de Nivel I				
Tierras y pétreos de la excavación	76,91	4,00		
Total Nivel I			307,63 ⁽¹⁾	0,80
A.2. RCD de Nivel II				
RCD de naturaleza pétreo	2,93	10,00		
RCD de naturaleza no pétreo	3,5	10,00		
RCD potencialmente peligrosos	1,22	10,00		
Total Nivel II			76,44 ⁽²⁾	0,20
Total			384,07	1,00

Notas:

⁽¹⁾ Entre 40,00 € y 60.000,00 €.

⁽²⁾ Como mínimo un 0.2 % del PEM.

B: RESTO DE COSTES DE GESTIÓN

Concepto	Importe (€)	% s/PEM
Costes administrativos, alquileres, portes, etc.	57,33	0,15

TOTAL: 441,40 € 1,15





ANEXO III: Estudio Básico de Seguridad y Salud

1. Memoria

Consideraciones preliminares: justificación, objeto y contenido

1.1. Justificación

La obra proyectada requiere la redacción de un estudio básico de seguridad y salud, debido a su reducido volumen y a su relativa sencillez de ejecución, cumpliéndose el artículo 4. "Obligatoriedad del estudio de seguridad y salud o del estudio básico de seguridad y salud en las obras" del Real Decreto 1627/97, de 24 de octubre, del Ministerio de la Presidencia, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, al verificarse que:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 450.760,00 euros.
- b) No se cumple que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen estimado de mano de obra, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, no es superior a 500 días.
- d) No se trata de una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

1.2. Objeto

En el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se definen las medidas a adoptar encaminadas a la prevención de los riesgos de accidente y enfermedades profesionales que pueden ocasionarse durante la ejecución de la obra, así como las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Se exponen unas directrices básicas de acuerdo con el Real Decreto 1627/97, en cuanto a las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud, con el fin de que el contratista cumpla con sus obligaciones en cuanto a la prevención de riesgos profesionales.

Los objetivos que pretende alcanzar el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud son:

- Garantizar la salud e integridad física de los trabajadores
- Evitar acciones o situaciones peligrosas por improvisación, o por insuficiencia o falta de medios
- Delimitar y esclarecer atribuciones y responsabilidades en materia de seguridad de las personas que intervienen en el proceso constructivo
- Determinar los costes de las medidas de protección y prevención
- Referir la clase de medidas de protección a emplear en función del riesgo
- Detectar a tiempo los riesgos que se derivan de la ejecución de la obra
- Aplicar técnicas de ejecución que reduzcan al máximo estos riesgos

1.3. Contenido del EBSS

De acuerdo con el artículo 6 del Real Decreto 1627/97, el Estudio Básico de Seguridad y Salud precisa 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, así como la relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas, además de cualquier otro tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma.

En el estudio básico se contemplan también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores de reparación o mantenimiento, siempre dentro del marco de la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborables.

2. Datos generales

2.1. Agentes

Entre los agentes que intervienen en materia de seguridad y salud en la obra objeto del presente estudio, se reseñan:

Promotor	Félix Acebedo Franco
Autor del proyecto	Félix Acebedo Franco
Constructor - Jefe de obra	X
Coordinador de seguridad y salud	X

2.2. Características generales del Proyecto de Ejecución

De la información disponible en la fase de proyecto básico y de ejecución, se aporta aquella que se considera relevante y que puede servir de ayuda para la redacción del Plan de Seguridad y Salud.

Denominación del proyecto	TFG
Plantas sobre rasante	10
Plantas bajo rasante	0
Presupuesto de ejecución material	38.220,25
Plazo de ejecución	2 meses y 15 días
Núm. máx. operarios	7

2.3. Emplazamiento y condiciones del entorno

En el presente apartado se especifican, de forma resumida, las condiciones del entorno a considerar para la adecuada evaluación y delimitación de los riesgos que pudieran causar.

Dirección	Paterna (Valencia).
Accesos a la obra	Por ambas calles colindantes.
Topografía del terreno	
Edificaciones colindantes	0.
Servidumbres y condicionantes	
Climatología	Clima mediterráneo

Durante los periodos en los que se produzca entrada y salida de vehículos se señalará convenientemente el acceso de los mismos, tomándose todas las medidas oportunas establecidas por la Dirección General de Tráfico y por la Policía Local, para evitar posibles accidentes de circulación. Se conservarán los bordillos y el pavimento de las aceras colindantes, causando el mínimo deterioro posible y reponiendo, en cualquier caso, aquellas unidades en las que se aprecie algún desperfecto.

2.4. Características generales de la obra

Descripción de las características de las unidades de la obra que pueden influir en la previsión de los riesgos laborales:

2.5. Cimentación

Zapata única en forma de corona circular con diámetro exterior de 6.5 m y diámetro interior de 4.5m.

2.6. Estructura Vertical

Metálica.

2.7. Medios de auxilio

La evacuación de heridos a los centros sanitarios se llevará a cabo exclusivamente por personal especializado, en ambulancia. Tan solo los heridos leves podrán trasladarse por otros medios, siempre con el consentimiento y bajo la supervisión del responsable de emergencias de la obra.

Se dispondrá en lugar visible de la obra un cartel con los teléfonos de urgencias y de los centros sanitarios más próximos.

2.7.1. Medios de auxilio en obra

En la obra se dispondrá de un armario botiquín portátil modelo B con destino a empresas de 5 a 25 trabajadores, en un lugar accesible a los operarios y debidamente equipado, según la Orden TAS/2947/2007, de 8 de octubre, por la que se establece el suministro a las empresas de botiquines con material de primeros auxilios en caso de accidente de trabajo.

Su contenido se limitará, como mínimo, al establecido en el anexo VI. A). 3 del Real Decreto 486/97, de 14 de abril:

- Desinfectantes y antisépticos autorizados
- Gasas estériles
- Algodón hidrófilo
- Vendas
- Esparadrapo
- Apósitos adhesivos
- Tijeras
- Pinzas y guantes desechables

El responsable de emergencias revisará periódicamente el material de primeros auxilios, reponiendo los elementos utilizados y sustituyendo los productos caducados.

2.7.2. Medios de auxilio en caso de accidente: centros asistenciales más próximos

Se aporta la información de los centros sanitarios más próximos a la obra, que puede ser de gran utilidad si se llegara a producir un accidente laboral.

NIVEL ASISTENCIAL	NOMBRE, EMPLAZAMIENTO Y TELÉFONO	DISTANCIA APROX. (KM)
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En la obra
Asistencia primaria (Urgencias)	Centro de Salud Clot de Joan Plaza Clot de Joan, s/n, Paterna (Valencia) 961974200	3,00 km

La distancia al centro asistencial más próximo Centro de Salud Clot de Joan, s/n, Paterna (Valencia) se estima en 5 minutos, en condiciones normales de tráfico.

2.8. Instalaciones de higiene y bienestar de los trabajadores

Los servicios higiénicos de la obra cumplirán las "Disposiciones mínimas generales relativas a los lugares de trabajo en las obras" contenidas en el apartado 15 del Anexo IV (Parte A) del R.D. 1627/97.

Dadas las características y el volumen de la obra, se ha previsto la colocación de instalaciones provisionales tipo caseta prefabricada para los vestuarios y aseos, pudiéndose habilitar posteriormente zonas en la propia obra para albergar dichos servicios, cuando las condiciones y las fases de ejecución lo permitan.

2.8.1. Vestuarios

Los vestuarios dispondrán de una superficie total de 2,0 m² por cada trabajador que deba utilizarlos simultáneamente, incluyendo bancos y asientos suficientes, además de taquillas dotadas de llave y con la capacidad necesaria para guardar la ropa y el calzado.

2.8.2. Aseos

La dotación mínima prevista para los aseos es de:

- 1 ducha por cada 10 trabajadores o fracción que trabajen simultáneamente en la obra
- 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 dosificadora por cada lavabo
- 1 recipiente para recogida de celulosa sanitaria
- 1 portarrollos con papel higiénico por cada inodoro

2.8.3. Comedor

No se dispone de zona destinada a comedor en la obra debido a la proximidad de diferentes bares locales.

2.9. Identificación de riesgos y medidas preventivas a adoptar

A continuación, se expone la relación de los riesgos más frecuentes que pueden surgir durante las distintas fases de la obra, con las medidas preventivas y de protección colectiva a adoptar con el fin de eliminar o reducir al máximo dichos riesgos, así como los equipos de protección individual (EPI) imprescindibles para mejorar las condiciones de seguridad y salud en la obra.

Riesgos generales más frecuentes:

- Caída de objetos y/o materiales al mismo o a distinto nivel
- Desprendimiento de cargas suspendidas
- Exposición a temperaturas ambientales extremas
- Exposición a vibraciones y ruido
- Cortes y golpes en la cabeza y extremidades
- Trabajos que requieren el montaje y desmontaje de elementos prefabricados pesados
- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Trabajos con riesgo especialmente graves de caídas de altura
- Sobreesfuerzos, movimientos repetitivos o posturas inadecuadas
- Electrocuaciones por contacto directo o indirecto
- Dermatitis por contacto con yesos, escayola, cemento, pinturas, pegamentos, etc.
- Intoxicación por inhalación de humos y gases

Medidas preventivas y protecciones colectivas de carácter general:

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada

- La disponibilidad del número suficiente de operarios para su manipulación
- Se colocarán carteles indicativos de las medidas de seguridad en lugares visibles de la obra
- Se prohibirá la entrada a toda persona ajena a la obra
- Los recursos preventivos de la obra tendrán presencia permanente en aquellos trabajos que entrañen mayores riesgos, en cumplimiento de los supuestos regulados por el Real Decreto 604/06 que exigen su presencia.
- Las operaciones que entrañen riesgos especiales se realizarán bajo la supervisión de una persona cualificada, debidamente instruida
- Los trabajos en altura se llevarán a cabo por personal cualificado en trabajos verticales y alpinismo. Estas tareas son el montaje y desmontaje de la torre, o la instalación de equipos auxiliares
- Se suspenderán los trabajos en caso de tormenta y cuando llueva con intensidad o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h
- Cuando las temperaturas sean extremas, se evitará, en la medida de lo posible, trabajar durante las horas de mayor insolación
- La carga y descarga de materiales se realizará con precaución y cautela, preferentemente por medios mecánicos, evitando movimientos bruscos que provoquen su caída
- La manipulación de los elementos pesados se realizará por personal cualificado, utilizando medios mecánicos o palancas, para evitar sobreesfuerzos innecesarios
- El uso obligatorio de arnés integral para trabajos en altura, el cual, se asegurará a la línea de vida
- No se instalará un sistema rígido (como una antena, o el pararrayos) que obligue al trabajador a desplazarse hacia el vacío sin las máximas garantías de seguridad.
- Ante la existencia de líneas eléctricas aéreas, se guardarán las distancias mínimas preventivas, en función de su intensidad y voltaje
- Tanto la instalación eléctrica contra la protección de las personas como la instalación eléctrica de funcionamiento de la torre será realizada por electricistas cualificados
- 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
- Dentro del recinto de la obra, los vehículos y máquinas circularán a una velocidad reducida, inferior a 20 km/h

Equipos de protección individual (EPI) a utilizar en las distintas fases de ejecución de la obra:

- Casco de seguridad homologado
- Arnés de seguridad
- Línea de vida

- 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
- Máscara de protección ante soldadura
- Ropa de trabajo impermeable
- Faja antilumbago
- Ropa de trabajo adecuada según oficio y condiciones climáticas
- Gafas de seguridad antiimpactos
- Protectores auditivos

2.9.1. Durante los trabajos previos a la ejecución de la obra

Se expone la relación de los riesgos más frecuentes que pueden surgir en los trabajos previos a la ejecución de la obra, con las medidas preventivas, protecciones colectivas y equipos de protección individual (EPI), específicos para dichos trabajos.

2.9.1.1. Instalación eléctrica provisional

Riesgos más frecuentes:

- Electrocuciiones por contacto directo o indirecto
- Cortes y heridas con objetos punzantes
- Proyección de partículas en los ojos
- Incendios

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Prevención de posibles contactos eléctricos indirectos, mediante el 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 m para las líneas aéreas y de 2 m para las líneas enterradas
- Se comprobará que el trazado de la línea eléctrica no coincide con el del suministro de agua

- Se ubicarán 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
 - Los cables enterrados estarán perfectamente señalizados y protegidos con tubos rígidos, a una profundidad superior a 0,4 m
 - Las tomas de corriente se realizarán a través de clavijas blindadas normalizadas
 - Quedan terminantemente prohibidas las conexiones triples (ladrones) y el empleo de fusibles caseros, empleándose una toma de corriente independiente para cada aparato o herramienta
- La zona de actuación en el último nivel estará protegida con barandillas y señalización de advertencia de caídas a distinto nivel en lugares donde exista riesgo de caída al vacío.

Equipos de protección individual (EPI):

- Calzado aislante para electricistas
- Guantes dieléctricos
- Banquetas aislantes de la electricidad
- Comprobadores de tensión
- Herramientas aislantes
- Ropa de trabajo impermeable
- Ropa de trabajo reflectante
- Uso obligatorio de sistema anticaída homologado.

2.9.1.2. Vallado de obra

Riesgos más frecuentes

- Proyección de fragmentos o de partículas
 - Cortes y heridas con objetos punzantes
 - Exposición a temperaturas ambientales extremas
 - Exposición a vibraciones y ruido
- Medidas preventivas y protecciones colectivas:
- 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
 - En el caso necesario de utilización de la acera para la entrada y salida de material, se reconducirá el paso de los viandantes por fuera de la acera con medida de protección de vallas metálicas

Equipos de protección individual (EPI):

- Calzado con puntera reforzada
- Guantes de cuero
- Ropa de trabajo reflectante

2.9.2. Durante las fases de ejecución de la obra

2.9.2.1. Acondicionamiento del terreno

Riesgos más frecuentes:

- Atropellos y colisiones en giros o movimientos inesperados de las máquinas, especialmente durante la operación de marcha atrás
- Circulación de camiones con el volquete levantado
- Fallo mecánico en vehículos y maquinaria, en especial de frenos y de sistema de dirección
- Caída de material desde la cuchara de la máquina
- Caída de tierra durante las maniobras de desplazamiento del camión
- Vuelco de máquinas por exceso de carga

colectivas:

- Antes de iniciar la excavación se verificará que no existen líneas o conducciones enterradas
- Los vehículos no circularán a distancia inferiores a 2,0 metros de los bordes de la excavación ni de los desniveles existentes
- Las vías de acceso y de circulación en el interior de la obra se mantendrán libres de montículos de tierra y de hoyos
- Todas las máquinas estarán provistas de dispositivos sonoros y luz blanca en marcha atrás
- La zona de tránsito quedará perfectamente señalizada y sin materiales acopiados
- Se realizarán entibaciones cuando exista peligro de desprendimiento de tierras

Equipos de protección individual (EPI):

- Auriculares antirruido
- Cinturón antivibratorio para el operador de la máquina

2.9.2.2. Cimentación

Riesgos más frecuentes:

- Inundaciones o filtraciones de agua
- Vuelcos, choques y golpes provocados por la maquinaria o por vehículos

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Se colocarán protectores homologados en las puntas de las armaduras de espera

- El transporte de las armaduras se efectuará mediante eslingas, enlazadas y provistas de ganchos con pestillos de seguridad

- Se retirarán los clavos sobrantes y los materiales

punzantes Equipos de protección individual (EPI):

- 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

2.9.2.3. Estructura

Riesgos más frecuentes:

- Quemaduras al realizar la soldadura.
- Caídas en altura y a distinto nivel
- Cortes al utilizar la sierra circular de mesa o las sierras

de mano Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Se protegerá la vía pública con una visera de protección formada por ménsula y entablado
 - Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante la colocación de barandillas o redes homologadas
 - Se rodeará cada tramo de la torre con barandilla de seguridad

Equipos de protección individual (EPI):

- 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
- Arnés homologado de protección
- Botas de seguridad con plantillas de acero y antideslizantes

2.9.2.4. Instalaciones en general (instalaciones eléctricas, cableado de tierras, instalaciones de saneamiento...)

Riesgos más frecuentes:

- Electrocuciões por contacto directo o indirecto
- Electrocucião o quemaduras por la mala protección de cuadros eléctricos
- Electrocucião o quemaduras por uso de herramientas sin aislamiento
- Exposición a radiaciones no ionizantes
- Electrocucião o quemaduras por conexiões directos sin clavijas macho-hembra
- Electrocucião o quemaduras por maniobras incorrectas en las líneas

- Caídas a distinto nivel
- Caídas de materiales y herramientas a distinto nivel
- Quemaduras producidas por descargas eléctricas
- Intoxicación por vapores procedentes de la soldadura
- Incendios y explosiones

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Se utilizarán solamente lámparas portátiles homologadas, con manguera antihumedad y clavija de conexión normalizada, alimentadas a 24 voltios
- Las conexiones se realizarán siempre sin tensión
- Para la prevención de posibles contactos indirectos, se opta por una protección de puesta a tierra de las masas y el dispositivo de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales)
- Los interruptores utilizados se ajustarán a los especificados en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
- Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas y provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad
- Las pruebas que tengan que realizarse con tensión se harán después de comprobar el acabado de la instalación
- Para trabajos que se deban realizar en proximidad de líneas eléctricas de alta tensión se tomarán medidas especiales de seguridad
- Queda terminantemente prohibido manipular equipos eléctricos que no tengan relación con trabajos a realizar
- Cada toma de corriente suministrará electricidad únicamente a un aparato o herramienta
- En cuanto a las tomas de tierra. La red general de toma de tierra será única para la totalidad de la instalación
- La toma de tierra siempre estará protegida por un macarrón en colores amarillo y verde. Quedando prohibida la utilización de este macarrón para otros usos
- El neutro de la instalación estará puesto bajo tierra
- Las partes metálicas de todo equipo eléctrico estará puesto a tierra
- El personal encargado de realizar trabajos en instalaciones estará formado y adiestrado en el empleo del material de seguridad y de los equipos y herramientas específicas para cada labor
- Se utilizarán herramientas portátiles con doble aislamiento Equipos de protección individual (EPI):

- Guantes aislantes en pruebas de tensión
 - Calzado con suela aislante ante contactos eléctricos
 - Banquetas aislantes de la electricidad
 - Comprobadores de tensión
 - Herramientas aislantes
- Se instruirá a los trabajadores sobre el uso de extintores en la obra

2.9.3. Durante la utilización de medios auxiliares

La prevención de los riesgos derivados de la utilización de los medios auxiliares de la obra se realizará atendiendo a las prescripciones de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y a la Ordenanza de Trabajo en la Construcción, Vidrio y Cerámica (Orden de 28 de agosto de 1970), prestando especial atención a la Sección 3ª "Seguridad en el trabajo en las industrias de la Construcción y Obras Públicas" Subsección 2ª "Andamios en general".

En ningún caso se admitirá la utilización de andamios o escaleras de mano que no estén normalizados y cumplan con la normativa vigente.

En el caso de las plataformas de descarga de materiales, sólo se utilizarán modelos normalizados, disponiendo de barandillas homologadas y enganches para cinturón de seguridad, entre otros elementos.

En relación con la utilización de arneses de seguridad, únicamente serán aceptados en la obra los que estén homologados

Relación de medios auxiliares previstos en la obra con sus respectivas medidas preventivas y protecciones colectivas:

2.9.3.1. Escalera de mano

- Se revisará periódicamente el estado de conservación de las escaleras
- Dispondrán de 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
- Se apoyarán sobre superficies horizontales, con la planeidad adecuada para que sean estables e inmóviles, quedando prohibido el uso como cuña de cascotes o elementos similares
- Los travesaños quedarán en posición horizontal y la inclinación de la escalera será inferior al 75% respecto al plano horizontal
- El extremo superior de la escalera sobresaldrá 1,0 m de la altura de desembarque, medido en la dirección vertical
- El operario realizará el ascenso y 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
- Cuando se requiera trabajar sobre la escalera en alturas superiores a 3,5 m, se utilizará siempre el cinturón de seguridad con dispositivo anticaída

2.9.3.2. Andamio europeo

- Dispondrán del marcado CE, cumpliendo estrictamente las instrucciones específicas del fabricante, proveedor o suministrador en relación al montaje, la utilización y el desmontaje de los equipos
- Sus dimensiones serán adecuadas para el número de trabajadores que vayan a utilizarlos simultáneamente
- Se proyectarán, montarán y mantendrán de manera que se evite su desplome o desplazamiento accidental
- Las dimensiones, la forma y la disposición de las plataformas del andamio serán apropiadas y adecuadas para el tipo de trabajo que se realice y a las cargas previstas, permitiendo que se pueda trabajar con holgura y se circule con seguridad
- No existirá ningún vacío peligroso entre los componentes de las plataformas y los dispositivos verticales de protección colectiva contra caídas
- Las plataformas de trabajo, las pasarelas y las escaleras de los andamios deberán dimensionarse, construirse, protegerse y utilizarse de modo que se evite que las personas puedan caer o estar expuestas a caídas de objetos

2.9.3.3. Andamio modular

- Los andamios sólo podrán ser montados, desmontados o modificados bajo la dirección y supervisión de una persona cualificada
- Cumplirán las condiciones generales respecto a materiales, estabilidad, resistencia y seguridad y las referentes a su tipología en particular, según la normativa vigente en materia de andamios
- Todos los andamios estarán provistos de barandillas de seguridad
- Se montarán y desmontarán siguiendo siempre las instrucciones del fabricante
- 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
- No existirán vacíos entre las plataformas y los dispositivos verticales de protección colectiva contra caídas
- Los andamios serán inspeccionados por personal cualificado antes de su puesta en servicio, periódicamente, ante cualquier modificación, después de un largo período sin utilización, después de un movimiento sísmico o de un viento intenso, y ante cualquier circunstancia que pudiera afectar a su estabilidad o a su resistencia

2.9.4. Durante la utilización de maquinaria y herramientas

Las medidas preventivas a adoptar y las protecciones a emplear para el control y la reducción de riesgos debidos a la utilización de maquinaria y herramientas durante la ejecución de la obra se desarrollarán en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud, conforme a los siguientes criterios:

a) Todas las máquinas y herramientas que se utilicen en la obra dispondrán de su correspondiente manual de instrucciones, en el que estarán especificados claramente tanto los riesgos que entrañan para los trabajadores como los procedimientos para su utilización 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 artificio mecánico sin reglamentación específica.

Relación de máquinas y herramientas que está previsto utilizar en la obra, con sus correspondientes medidas preventivas y protecciones colectivas:

2.9.4.1. Pala cargadora

- Para realizar las tareas de mantenimiento, se apoyará la cuchara en el suelo, se parará el motor, se conectará el freno de estacionamiento y se bloqueará la máquina
- Queda 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 realizará con la cuchara en la posición más baja posible, para garantizar la estabilidad de la pala

2.9.4.2. Retroexcavadora

- Para realizar las tareas de mantenimiento, se apoyará la cuchara en el suelo, se parará el motor, se conectará el freno de estacionamiento y se bloqueará la máquina
- Queda 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
- Se prohibirá la realización de trabajos dentro del radio de acción de la máquina

2.9.4.3. Camión de caja basculante

- Las maniobras del camión serán dirigidas por un señalista de tráfico
- 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

2.9.4.4. Camión para transporte

- Las maniobras del camión serán dirigidas por un señalista de tráfico
- Las cargas se repartirán uniformemente en la caja, evitando acopios con pendientes superiores al 5% y protegiendo los materiales sueltos con una lona
- Antes de proceder a las operaciones de carga y descarga, se colocará el freno en posición de frenado y, en caso de estar situado en pendiente, calzos de inmovilización debajo de las ruedas
- En las operaciones de carga y descarga se evitarán movimientos bruscos que provoquen la pérdida de estabilidad, permaneciendo siempre el conductor fuera de la cabina

2.9.4.5. Camión grúa

- El conductor accederá al vehículo descenderá del mismo con el motor apagado, en posición frontal, evitando saltar al suelo y haciendo uso de los peldaños y asideros
- Se cuidará especialmente de no sobrepasar la carga máxima indicada por el fabricante
- La cabina dispondrá de botiquín de primeros auxilios y de extintor timbrado y revisado
- Los vehículos dispondrán de bocina de retroceso
- 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 elevación
- La elevación se realizará evitando operaciones bruscas, que provoquen la pérdida de estabilidad de la carga

2.9.4.6. 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 restringido sólo 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
- Las partes móviles del aparato deberán permanecer siempre protegidas mediante carcasas conectadas a tierra
- No se ubicarán a distancias inferiores a tres metros de los bordes de excavación y/o de los bordes de los forjados

2.9.4.7. 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
- Tanto el cable de alimentación como su conexión al transformador estarán en perfectas condiciones de estanqueidad y aislamiento

- Los operarios no efectuarán el arrastre del cable de alimentación colocándolo alrededor del cuerpo. Si es necesario, esta operación se realizará 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 abandonará 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 ocho horas, no superará $2,5 \text{ m/s}^2$, siendo el valor límite de 5 m/s^2

2.9.4.8. Martillo picador

- Las mangueras de aire comprimido deben estar situadas de forma que no dificulten ni el trabajo de los operarios ni el paso del personal
- No se realizarán ni esfuerzos de palanca ni operaciones similares con el martillo en marcha
 - Se verificará el perfecto estado de los acoplamientos de las mangueras
 - Se cerrará el paso del aire antes de desarmar un martillo

2.9.4.9. Maquinillo

- Será utilizado exclusivamente por la persona debidamente autorizada
- El trabajador que utilice el maquinillo 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
- Previamente al inicio de cualquier trabajo, se comprobará el estado de los 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
- Dispondrá de marcado CE, de declaración de conformidad y de 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 riesgo de caída de los materiales transportados por el maquinillo
- Se revisará el cable a diario, siendo obligatoria su sustitución cuando el número de hilos rotos sea igual o superior al 10% del total
- El anclaje del maquinillo se realizará según se indica en el manual de instrucciones del fabricante
- El arriostamiento nunca se hará con bidones llenos de agua, de arena u de otro material
- Se realizará el mantenimiento previsto por el fabricante

2.9.4.10. Sierra circular

- Su uso está destinado exclusivamente 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
- Deberá existir un interruptor de parada cerca de la zona de mando
- La zona de trabajo deberá estar limpia de serrín y de virutas, para evitar posibles incendios
- Las piezas a serrar no contendrán clavos ni otros elementos metálicos
- El trabajo con el disco agresivo se realizará en húmedo
- No se utilizará la sierra circular sin la protección de prendas adecuadas, tales como mascarillas antipolvo y gafas

2.9.4.11. Sierra circular de mesa

- Será utilizado exclusivamente por la persona debidamente autorizada
- El trabajador que utilice la sierra circular 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
- Las sierras circulares se ubicarán en un lugar apropiado, sobre superficies firmes y secas, a distancias superiores a tres metros del borde de los forjados, salvo 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 dispondrá de una carcasa metálica que impida el acceso al disco de sierra, excepto 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 modo que en ningún caso la mano quede 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 otros elementos metálicos
- El operario se colocará a sotavento del disco, evitando la inhalación de polvo

2.9.4.12. Cuerdas

- Las cuerdas para izar o tender tendrán un coeficiente mínimo de seguridad de diez
- Su manejo se realizará con guantes de cuero

- Se pondrán protecciones cuando tengan que trabajar sobre aristas vivas, evitando así el deterioro y el corte de las mismas
- Se conservarán enrolladas y aisladas de atmósferas químicas y perjudiciales

2.9.4.13. Equipo de soldadura

- No habrá materiales inflamables ni explosivos a menos de 10 metros de la zona de trabajo de soldadura
- Antes de soldar se eliminarán las pinturas y recubrimientos del soporte
- Durante los trabajos de 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 cerrados en los que no se pueda garantizar una correcta renovación de aire se instalarán extractores, preferentemente sistemas de aspiración localizada
- Se paralizarán los trabajos de soldadura en altura ante la presencia de personas bajo el área de trabajo
- Tanto los soldadores como los trabajadores que se encuentren en las inmediaciones dispondrán de protección visual adecuada, no permaneciendo en ningún caso con los ojos al descubierto

2.9.4.14. 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 únicamente a las personas autorizadas
- No se retirarán de las herramientas las protecciones diseñadas por el fabricante
- Se prohibirá, durante el trabajo con herramientas, el uso de pulseras, relojes, cadenas y elementos similares
- Las herramientas eléctricas dispondrán de doble aislamiento o estarán conectadas 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 mantendrán en perfecto estado de uso, con los mangos sin grietas y limpios de residuos, manteniendo su carácter aislante para los trabajos eléctricos
- Las herramientas eléctricas estarán apagadas mientras no se estén utilizando y no se podrán usar con las manos o los pies mojados
- 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

2.10. Identificación de los riesgos laborales evitables

En este apartado se reseña la relación de las medidas preventivas a adoptar para evitar o reducir el efecto de los riesgos más frecuentes durante la ejecución de la obra.

2.10.1. Caídas al mismo nivel

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada
- Se habilitarán y balizarán las zonas de acopio de materiales

2.10.2. Caídas a distinto nivel

- Se dispondrán escaleras de acceso para salvar los desniveles
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante barandillas y redes homologadas
- Se mantendrán en buen estado las protecciones de los huecos y de los desniveles
- Las escaleras de acceso quedarán firmemente sujetas y bien amarradas

2.10.3. Polvo y partículas

- Se regará periódicamente la zona de trabajo para evitar el polvo
- Se usarán gafas de protección y mascarillas antipolvo en aquellos trabajos en los que se genere polvo o partículas

2.10.4. Ruido

- Se evaluarán los niveles de ruido en las zonas de trabajo
- Las máquinas estarán provistas de aislamiento acústico
- Se dispondrán los medios necesarios para eliminar o amortiguar los ruidos

2.10.5. Esfuerzos

- Se evitará el desplazamiento manual de las cargas pesadas
- Se limitará el peso de las cargas en caso de desplazamiento manual
- Se evitarán los sobreesfuerzos o los esfuerzos repetitivos
- Se evitarán las posturas inadecuadas o forzadas en el levantamiento o desplazamiento de cargas

2.10.6. Incendios

- No se fumará en presencia de materiales fungibles ni en caso de existir riesgo de incendio

2.10.7. Intoxicación por emanaciones

- Los locales y las zonas de trabajo dispondrán de ventilación suficiente
- Se utilizarán mascarillas y filtros apropiados

2.11. Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse

Los riesgos que difícilmente pueden eliminarse son los que se producen por causas inesperadas (como caídas de objetos y desprendimientos, entre otras). No obstante, pueden reducirse con el adecuado uso de las protecciones individuales y colectivas, así como con el estricto cumplimiento de la normativa en materia de seguridad y salud, y de las normas de la buena construcción.

2.11.1. Caída de objetos

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada
- Se evitará el amontonamiento de materiales u objetos sobre los andamios
- No se lanzarán restos de materiales desde los andamios

Equipos de protección individual (EPI):

- Casco
- Guantes y botas de seguridad
- Uso de bolsa portaherramientas

2.11.2. Electroclusiones

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Se revisará periódicamente la instalación eléctrica
- El tendido eléctrico quedará fijado a los paramentos verticales
- Los alargadores portátiles tendrán mango aislante
- La maquinaria portátil dispondrá de protección con doble aislamiento
- Toda la maquinaria eléctrica estará provista de toma

de tierra Equipos de protección individual (EPI):

- Guantes dieléctricos
- Calzado aislante para electricistas
- Banquetas aislantes de la electricidad

2.11.3. Quemaduras

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada

Equipos de protección individual (EPI):

- Guantes, polainas y mandiles de cuero

2.11.4. Golpes y cortes en extremidades

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien

iluminada Equipos de protección individual (EPI):

- Guantes y botas de seguridad

2.12. Condiciones de seguridad y salud, en trabajos posteriores de reparación y mantenimiento

En este apartado se aporta la información útil para realizar, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los futuros trabajos de conservación, reparación y mantenimiento del edificio construido que entrañan mayores riesgos.

2.12.1. Trabajos en instalaciones

Los trabajos correspondientes a las instalaciones de fontanería, eléctrica y radioemisión deberán realizarse por personal cualificado, cumpliendo las especificaciones establecidas en su correspondiente Plan de Seguridad y Salud, así como en la normativa vigente en cada materia.

2.12.2. Trabajos que implican riesgos especiales

En la obra objeto del presente Estudio Básico de Seguridad y Salud concurren los riesgos especiales referidos en los puntos 1, 2 y 10 incluidos en el Anexo II. "Relación no exhaustiva de los trabajos que implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores" del R.D. 1627/97 de 24 de Octubre.

Estos riesgos especiales suelen presentarse en la ejecución de la estructura y de los niveles más elevados y en el propio montaje de las medidas de seguridad y de protección. Cabe destacar:

- Colocación de horcas y redes de protección ante la posible caída de objetos estructurales o equipos de posterior colocación.
- Los huecos horizontales y los bordes de los niveles superiores se protegerán con el uso de barandillas homologadas.
- Elevación y acople de los módulos de andamiaje para la ejecución de la estructura y posterior colocación de las antenas.

2.13. Medidas en caso de emergencia

El Contratista deberá reflejar en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud las posibles situaciones de emergencia, estableciendo las medidas oportunas en caso de primeros auxilios y designando para ello a personal con formación, que se hará cargo de dichas medidas.

Los trabajadores responsables de las medidas de emergencia tienen derecho a la

paralización de su actividad, debiendo estar garantizada la adecuada administración de los primeros auxilios y, cuando la situación lo requiera, el rápido traslado del operario a un centro de asistencia médica.

2.14. Presencia de los recursos preventivos del contratista

Dadas las características de la obra y los riesgos previstos en el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud, cada contratista deberá asignar la presencia de sus recursos preventivos en la obra, según se establece en la Ley 54/03, de 12 de diciembre, de Reforma del Marco Normativo de Prevención de Riesgos Laborales, a través de su artículo 4.3.

A tales estos efectos, el contratista deberá concretar los recursos preventivos asignados a la obra con capacitación suficiente, que deberán disponer de los medios necesarios para vigilar el cumplimiento de las medidas incluidas en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud.

Dicha vigilancia incluirá la comprobación de la eficacia de las actividades preventivas previstas en dicho Plan, así como la adecuación de tales actividades a los riesgos que pretenden prevenirse o a la aparición de riesgos no previstos y derivados de la situación que determina la necesidad de la presencia de los recursos preventivos.

Si, como resultado de la vigilancia, se observa un deficiente cumplimiento de las actividades preventivas, las personas que tengan asignada la presencia harán las indicaciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas, debiendo poner tales circunstancias en conocimiento del empresario para que éste adopte las medidas oportunas para corregir las deficiencias observadas.

3. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLES.

3.1. Seguridad y salud

Ley de Prevención de Riesgos Laborales

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 10 de noviembre de 1995

Completada por:

Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 24 de mayo de 1997

Modificada por:

Ley de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social Ley

50/1998, de 30 de diciembre, de la Jefatura del Estado.

Modificación de los artículos 45, 47, 48 y 49 de la Ley 31/1995.

B.O.E.: 31 de diciembre de 1998

Completada por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de las empresas de trabajo temporal

Real Decreto 216/1999, de 5 de febrero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 24 de febrero de 1999

Completada por:

Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completada por:

Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 21 de junio de 2001

Completada por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo

Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 18 de junio de 2003

Modificada por:

Ley de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales

Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 13 de diciembre de 2003

Desarrollada por:

Desarrollo del artículo 24 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales

Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 31 de enero de 2004

Completada por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas

Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 5 de noviembre de 2005

Completada por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Completada por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificada por:

Modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio

Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 23 de diciembre de 2009

Reglamento de los Servicios de Prevención

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 31 de enero de 1997

Completado por:

Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 24 de mayo de 1997

Modificado por:

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención

Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 1 de mayo de 1998

Completado por:

Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completado por:

Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 21 de junio de 2001

Completado por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas

Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 5 de noviembre de 2005

Completado por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Completado por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificado por:

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención y de las Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción

Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 29 de mayo de 2006

Modificado por:

Modificación del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención

Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración.

B.O.E.: 23 de marzo de 2010

Seguridad y Salud en los lugares de trabajo

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

Manipulación de cargas

Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 24 de mayo de 1997

Modificado por:

Modificación del Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y ampliación de su ámbito de aplicación a los agentes mutágenos

Real Decreto 349/2003, de 21 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 5 de abril de 2003

Completado por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

Utilización de equipos de trabajo

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 7 de agosto de 1997

Modificado por:

Modificación del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura

Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 13 de noviembre de 2004

Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 25 de octubre de 1997

Completado por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificado por:

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención y de las Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción

Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 29 de mayo de 2006

Modificado por:

Desarrollo de la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción

Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

Disposición final tercera. Modificación de los artículos 13 y 18 del Real Decreto 1627/1997.

B.O.E.: 25 de agosto de 2007

Corrección de errores.

B.O.E.: 12 de septiembre de 2007

3.2. Sistemas de protección colectiva Protección contra incendios

Disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos de presión y se modifica el Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril, que aprobó el Reglamento de aparatos a presión

Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo, del Ministerio de Industria y Energía.

B.O.E.: 31 de mayo de 1999

Completado por:

Publicación de la relación de normas armonizadas en el ámbito del Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos a presión

Resolución de 28 de octubre de 2002, de la Dirección General de Política Tecnológica del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

B.O.E.: 4 de diciembre de 2002

Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias

Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 5 de febrero de 2009

Corrección de errores:

Corrección de errores del Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias

B.O.E.: 28 de octubre de 2009

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio

Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 22 de mayo de 2010

3.2. Equipos de protección individual

Real Decreto por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual

Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, del Ministerio de Relaciones con la Cortes y de la Secretaría del Gobierno.

B.O.E.: 28 de diciembre de 1992

Modificado por:

Modificación del Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual

Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 8 de marzo de 1995

Corrección de errores:

Corrección de erratas del Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual

B.O.E.: 22 de marzo de 1995

Completado por:

Resolución por la que se publica, a título informativo, información complementaria establecida por el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual

Resolución de 25 de abril de 1996 de la Dirección General de Calidad y Seguridad Industrial, del Ministerio de Industria y Energía.

B.O.E.: 28 de mayo de 1996

Modificado por:

Modificación del anexo del Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero, que modificó a su vez el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, relativo a las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual

Orden de 20 de febrero de 1997, del Ministerio de Industria y Energía.

B.O.E.: 6 de marzo de 1997

Completado por:

Resolución por la que se actualiza el anexo IV de la Resolución de 18 de marzo de 1998, de la Dirección General de Tecnología y Seguridad Industrial

Resolución de 29 de abril de 1999 del Ministerio de Industria y Energía.

B.O.E.: 29 de junio de 1999

Utilización de equipos de protección individual

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 12 de junio de 1997

Corrección de errores:

Corrección de erratas del Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual

Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 18 de julio de 1997

Completado por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Completado por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

3.3. Instalaciones provisionales de higiene y bienestar

DB HS Salubridad

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HS.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

Modificado por el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

Corrección de errores.

B.O.E.: 25 de enero de 2008

Modificado por:

Modificación de determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre

Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de abril de 2009

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

B.O.E.: Suplemento al nº 224, de 18 de septiembre de 2002

Modificado por:

Anulado el inciso 4.2.C.2 de la ITC-BT-03

Sentencia de 17 de febrero de 2004 de la Sala Tercera del Tribunal Supremo.

B.O.E.: 5 de abril de 2004

Completado por:

Autorización para el empleo de sistemas de instalaciones con conductores aislados bajo canales protectores de material plástico

Resolución de 18 de enero de 1988, de la Dirección General de Innovación Industrial.

B.O.E.: 19 de febrero de 1988

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio

Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 22 de mayo de 2010

Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones

Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 1 de abril de 2011

Desarrollado por:

Orden por la que se desarrolla el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones, aprobado por el Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo

Orden ITC/1644/2011, de 10 de junio, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 16 de junio de 2011

3.4. Señalizaciones y cerramientos del solar

3.4.1. Señalización de seguridad y salud en el trabajo

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

Completado por:

Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completado por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

4. PLIEGO

4.1. Pliego de cláusulas administrativas

4.1.1. Disposiciones generales

4.1.1.1. Objeto del Pliego de condiciones

El presente Pliego de condiciones junto con las disposiciones contenidas en el correspondiente Pliego del Proyecto de ejecución, tienen por objeto definir las atribuciones y obligaciones de los agentes que intervienen en materia de Seguridad y Salud, así como las condiciones que deben cumplir las medidas preventivas, las protecciones individuales y colectivas de la construcción de TFG, situada en Paterna (Valencia), según el proyecto redactado por Félix Acebedo Franco. Todo ello con fin de evitar cualquier accidente o enfermedad profesional, que pueden ocasionarse durante el transcurso de la ejecución de la obra o en los futuros trabajos de conservación, reparación y mantenimiento del edificio construido.

4.1.2. Disposiciones facultativas

4.1.2.1. Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación

Las atribuciones y las obligaciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas en sus aspectos generales por la Ley 38/99, de Ordenación de la Edificación (L.O.E.).

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, son las establecidas por la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y el Real Decreto 1627/1997 "Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".

4.1.2.2. El Promotor

Es 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.

Tiene la responsabilidad 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 las empresas 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.

4.1.2.3. El Projectista

Es el agente que, por encargo del Promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Tomará 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 de salud, de acuerdo con la legislación vigente.

4.1.2.4. El Contratista y Subcontratista

Según define el artículo 2 del Real Decreto 1627/1997:

Contratista es 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.

Subcontratista es 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 R.D.1627/1997, de 24 de octubre.

Adoptará 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 Básico 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 de Seguridad y Salud en la fase de ejecución de la obra.

Supervisará de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

Entregará la información suficiente al Coordinador de Seguridad y Salud en 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, cabe destacar las contenidas en el artículo 11 "Obligaciones de los contratistas y subcontratistas" del R.D. 1627/1997.

Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.

Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta, en su caso, las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y las disposiciones mínimas establecidas en el anexo IV del R.D. 1627/1997, durante la ejecución de la obra.

Informar y proporcionar 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.

Atender 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, en los términos del apartado 2 del artículo 42 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Las responsabilidades de los coordinadores, de la Dirección Facultativa y del Promotor, no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

4.1.2.5. La Dirección Facultativa

Según define el artículo 2 del Real Decreto 1627/1997, se entiende como Dirección Facultativa:

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 atribuibles a los contratistas y a los subcontratistas.

4.1.2.6. Coordinador de Seguridad y Salud en Proyecto

Es 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.

4.1.2.7. Coordinador de Seguridad y Salud en Ejecución

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, es el técnico competente designado por el Promotor, que forma parte de la Dirección Facultativa.

Asumirá las tareas y responsabilidades contenidas en la Guía Técnica sobre el R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, cuyas funciones consisten en:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad, tomando las decisiones técnicas y de organización, con el fin 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.
- Coordinar 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 los principios de la acción preventiva recogidos en la legislación vigente.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el Contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar 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.

4.1.2.8. Trabajadores Autónomos

Son las personas físicas distintas del Contratista y Subcontratista, que realizan de forma personal y directa una actividad profesional, sin sujeción a un contrato de trabajo y que asumen contractualmente ante el Promotor, el Contratista o el Subcontratista, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra.

Cuando el trabajador 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.

4.1.2.9. Trabajadores por cuenta ajena

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y 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.

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.

4.1.2.10. 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 utilización 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.

4.2. Recursos preventivos

Con el fin de ejercer las labores de recurso preventivo, según lo establecido en la Ley 31/95, Ley 54/03 y Real Decreto 604/06, el empresario designará para la obra los recursos preventivos, que podrán ser:

- a) Uno o varios trabajadores designados por la empresa.
- b) Uno o varios miembros del servicio de prevención propio de la empresa.
- c) Uno o varios miembros del servicio o los servicios de prevención ajenos.

Las personas a las que se asigne esta vigilancia deberán dar las instrucciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas. En caso de observar un deficiente cumplimiento de las mismas o una ausencia, insuficiencia o falta de adecuación de las mismas, se informará al empresario para que éste adopte las medidas necesarias 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 especificarán los casos en que la presencia de los recursos preventivos es 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.

4.3. Formación en Seguridad

Con el fin de que todo el personal que acceda a la obra disponga de la suficiente formación en las 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. Dicha formación alcanzará todos los niveles de la empresa, desde los directivos hasta los trabajadores no cualificados, incluyendo a los técnicos, encargados, especialistas y operadores de máquinas entre otros.

4.4. Reconocimientos médicos

La vigilancia del estado de 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.

Dicha 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 constituye un peligro para otras personas o para el mismo trabajador.

4.5. Salud e higiene en el trabajo Primeros auxilios

El empresario designará 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 instalará rótulos con caracteres legibles hasta una distancia de 2 m, en el que se suministre a los trabajadores y participantes en la obra la información suficiente para establecer rápido contacto con el centro asistencial más próximo.

4.6. Actuación en caso de accidente

En caso de accidente se tomarán solamente 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, bebidas o medicamento alguno y, en caso de hemorragia, se presionarán las heridas con gasas limpias.

El empresario notificará el accidente por escrito a la autoridad laboral, conforme al procedimiento reglamentario.

4.7. Documentación de obra Estudio básico de seguridad y Salud

Es 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.

Incluye también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

4.8. Plan de seguridad y salud

En aplicación del presente estudio básico de seguridad y salud, cada Contratista elaborará el correspondiente plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el presente estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el Contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este estudio básico.

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra aprobará el plan de seguridad y salud antes del inicio de la misma.

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.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de forma 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 los mismos y de la Dirección Facultativa.

4.8.1. Acta de aprobación del plan

El plan de seguridad y salud elaborado por el Contratista será aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, por la Dirección Facultativa o por la Administración en el caso de obras públicas, quien deberá emitir un acta de aprobación como documento acreditativo de dicha operación, visado por el Colegio Profesional correspondiente.

4.9. 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 únicamente 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. Deberá incluir, además, el plan de seguridad y salud.

4.10. Libro de incidencias

Con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud, en cada centro de trabajo existirá un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado a tal efecto.

Será facilitado por el colegio profesional que vise el acta de aprobación del plan o la oficina de supervisión de proyectos u 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 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 competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, deberá notificar al Contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste, sobre las anotaciones efectuadas en el libro de incidencias.

Cuando las anotaciones se refieran a cualquier incumplimiento de las advertencias u observaciones anteriores, se remitirá una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social en el plazo de veinticuatro horas. En todo caso, deberá especificarse si la anotación se trata de una nueva observación o supone una reiteración de una advertencia u observación anterior.

4.11. Libro de órdenes

En la obra existirá un libro de órdenes y asistencias, en el que la Dirección Facultativa reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

Las anotaciones así expuestas tienen rango de órdenes o comentarios necesarios de ejecución de obra y, en consecuencia, serán respetadas por el Contratista de la obra.

4.12. Libro de visitas

El libro de visitas deberá estar en obra, a disposición permanente de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.

El primer libro lo habilitará el Jefe de la Inspección de la provincia en que se encuentre la obra. Para habilitar el segundo o 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. Una vez agotado un libro, se conservará durante 5 años, contados desde la última diligencia.

4.13. Libro de subcontratación

El Contratista deberá disponer de un libro de subcontratación, que permanecerá en todo momento en la obra, reflejando 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 subcontratación 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".

Al libro de subcontratación tendrán acceso 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 intervengan en la ejecución de la obra.

4.14. 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

4.15. Pliego de condiciones técnicas particulares

4.15.1. Medios de protección colectiva

Los medios de protección colectiva se colocarán 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 periodo de su vida útil, después de estar sometidos a solicitaciones límite, o cuando sus tolerancias sean superiores a las admitidas o aconsejadas por el fabricante.

El mantenimiento será vigilado de forma periódica (cada semana) por el Delegado de Prevención.

4.15.2. Medios de protección individual

Todos los equipos de protección individual (EPI) empleados en la obra dispondrán de marcado CE, que llevarán inscrito en el propio equipo, en el embalaje y en el folleto informativo.

Serán ergonómicos y no causarán molestias innecesarias. Nunca supondrán un riesgo en sí mismos, ni perderán su seguridad de forma involuntaria.

El fabricante los suministrará junto con un folleto informativo en el que aparecerán las instrucciones de uso y mantenimiento, nombre y dirección del fabricante, grado o clase de protección, accesorios que pueda llevar y características de las piezas de repuesto, límite de uso, plazo de vida útil y controles a los que se ha sometido. Estará redactado de forma comprensible y, en el caso de equipos de importación, traducidos a la lengua oficial.

Serán suministrados gratuitamente por el empresario y se reemplazarán siempre que estén deteriorados, al final del periodo de su vida útil o después de estar sometidos a solicitudes límite.

Se utilizarán de forma personal y para los usos previstos por el fabricante, supervisando el mantenimiento el Delegado de Prevención.

4.15.3. 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 los suelos, paredes y techos serán continuos, lisos e impermeables, acabados preferentemente con colores claros y con material que permita 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 dotada de los complementos necesarios para higiene personal, tales como jabón, toallas y recipientes de desechos.

4.15.3.1. Vestuarios

Serán de fácil acceso, estarán próximos al área de trabajo y tendrán asientos y taquillas independientes bajo llave, con espacio suficiente para guardar la ropa y el calzado.

Se dispondrá una superficie mínima de 2 m² por cada trabajador destinada a vestuario, con una altura mínima de 2,30 m.

Cuando no se disponga de vestuarios, se habilitará una zona para dejar la ropa y los objetos personales bajo llave.

4.15.3.2. 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 tendrán una superficie mínima de 2 m² y una altura mínima de 2,30 m. 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 dosificadora por cada lavabo
- 1 recipiente para recogida de celulosa sanitaria
- 1 portarrollos con papel higiénico por cada inodoro

4.15.4. Retretes

Serán de fácil acceso y estarán próximos al área de trabajo. Se ubicarán preferentemente en cabinas de dimensiones mínimas 1,2x1,0 m con altura de 2,30 m, sin visibilidad desde el exterior y provistas de percha y puerta con cierre interior.

Dispondrán de ventilación al exterior, pudiendo no tener techo siempre que comuniquen con aseos o pasillos con ventilación exterior, evitando cualquier comunicación con comedores, cocinas, dormitorios o vestuarios.

Tendrán descarga automática de agua corriente y en el caso de que no puedan conectarse a la red de alcantarillado se dispondrá de letrinas sanitarias o fosas sépticas.

4.15.5. Comedor y cocina

Como se ha dicho anteriormente, debido a la proximidad de bares y restaurantes locales con la obra, no se dispondrá de una zona específica para este uso.