

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***DOCUMENTO 1- MEMORIA***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019



## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	ANTECEDENTES GENERALES.....	1
3	ANTECEDENTES LOCALES.....	4
4	JUSTIFICACIÓN.....	6
4.1	JUSTIFICACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.....	6
4.2	JUSTIFICACIÓN APACAMIENTO SUBTERRANEO.....	9
5	OBJETIVO.....	9
6	EMPLAZAMIENTO.....	9
7	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	10
7.1	ALTERNATIVAS GENERALES.....	10
7.2	ALTERNATIVAS LOCALES.....	11
8	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	11
8.1	CONCEPTO.....	11
8.1.1	RÉGIMEN DE APARCAMIENTO DE TITULARIDAD MUNICIPAL DESTINADO A RESIDENTES.....	11
8.1.2	RÉGIMEN DE APARCAMIENTO DISUASORIO.....	12
8.2	CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	12
8.2.1	PLANTA SÓTANO.....	13
8.3	CUBIERTA.....	15
8.4	GESTIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS.....	15
8.5	SISTEMA CONSTRUCTIVO.....	16
8.5.1	CIMENTACIÓN.....	17
8.5.2	PILARES.....	18
8.5.3	FORJADO RETICULAR.....	19
8.5.4	ESCALERAS.....	20
8.5.5	VESTÍBULO DE INDEPENDENCIA.....	20
8.5.6	CERRAMIENTOS.....	21
8.5.7	ACABADOS.....	21
8.5.8	CARPINTERÍA.....	21
8.5.9	PINTURA.....	22

8.5.10	CUBIERTA TRANSITABLE NO VENTILADA .....	22
8.6	INSTALACIONES .....	23
8.6.1	SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS .....	23
8.6.2	SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS.....	23
8.6.3	ALUMBRADO INTERIOR .....	24
8.6.4	ALUMBRADO EXTERIOR .....	25
8.6.5	SISTEMA DE SEGURIDAD .....	25
8.6.6	SISTEMA DE ELEVADORES .....	27
8.6.7	VENTILACIÓN .....	27
9	PLAN DE OBRA .....	28
10	RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....	30
11	NORMATIVA .....	31
12	BIBLIOGRAFÍA.....	33
ANEJO 1.	SATURACIÓN DE PLAZAS EXISTENTES.....	36
ANEJO 2.	EMPLAZAMIENTO.....	42
ANEJO 3.	ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	48
ANEJO 4.	TOPOGRAFÍA, CARTOGRAFÍA Y GEODESIA.....	74
ANEJO 5.	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	79
ANEJO 6.	GESTIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS.....	86
ANEJO 7.	ESTRUCTURA PRINCIPAL.....	118
ANEJO 8.	EVACUACIÓN DE AGUAS.....	267
ANEJO 9.	VENTILACIÓN.....	274
ANEJO 10.	ILUMINACIÓN.....	285
ANEJO 11.	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	324
ANEJO 12.	VIGILANCIA Y COMUNICACIONES.....	339
ANEJO 13.	SEÑALIZACIÓN.....	347
ANEJO 14.	MOBILIARIO Y JARDINERÍA.....	358
ANEJO 15.	ACCESIBILIDAD Y UTILIZACIÓN.....	370

ANEJO 16. PLAN DE OBRA.....	385
ANEJO 17. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD.....	389
ANEJO 18. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.....	421
ANEJO 19. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA.....	441
ANEJO 20. DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA.....	447

## RESUMEN

El gran desarrollo económico de la provincia de Bizkaia en los últimos 40 años ha hecho que se convierta en el núcleo poblacional de la Comunidad Autónoma Vasca, registrando la mayor densidad de población respecto a Áraha y Guipuzkoa.

Según estudios recientes, dicha población se encuentra inmersa en una época de bonanza económica, lo que está suponiendo un notable aumento de parque de vehículos matriculados en la provincia que, trae consigo un problema de saturación de aparcamiento en los municipios más poblados.

En concreto, Bilbao es el municipio donde mayores problemas de saturación de plazas de aparcamiento se registran ya que, es el municipio donde reside casi la mitad de la población de Bizkaia. Por ello, el Ayuntamiento de Bilbao ha llevado a cabo en los últimos años la creación de medio centenar de edificios de aparcamientos de titularidad municipal destinados al estacionamiento de vehículos por parte de vecinos residentes de la Villa.

Aun así, según datos publicados por el Ayuntamiento en su memoria anual, los aparcamientos municipales de Bilbao registran una alta ocupación, motivo por el cual se decide estudiar la viabilidad de ejecución de un nuevo aparcamiento disuasorio municipal en uno de los barrios más saturados del municipio, el barrio de Rekalde (Distrito 7).

The great economic development of the province of Bizkaia in the last 40 years has made it become the population nucleus of the Basque Autonomous Community, registering the highest population density with regard to Áraha and Guipúzcoa.

According to recent studies, this population is immersed in a period of economic upswing, which is assuming a notable increase in the number of vehicles registered in the province, which brings with it a problem of parking saturation in the most populated municipalities.

Specifically, Bilbao is the municipality where the most problems of saturation of parking spaces are registered, because it is the municipality where almost half of the population of Bizkaia resides. For this reason, the Bilbao City Council has carried out in recent years the creation of about fifty municipally owned car park buildings for the parking of vehicles by residents of the Villa.

Even so, according to data published by the City Council in its annual report, the municipal car parks of Bilbao register a high occupation, reason for which it is decided to study the feasibility of implementing a new municipal deterrent parking in one of the most saturated neighborhoods of the municipality, the neighborhood of Rekalde (District 7).

Azken 40 urteetako Bizkaia-ko probintziaren garapen ekonomiko handiak eragin du Euskal Autonomia-Erkidegoaren populazio-nukleo bihur dadila, biztanleriaren dentsitate handiena Áraba-ri eta Guipuzkoa-ri buruz erregistratuz.

Estudio berrien arabera, aipaturiko populazioa murgilduta aurkitzen da onaldi ekonomikoko garaian, probintzian matrikulatutako ibilgailuetako parkeko handiagotze nabarmena uste duena, aparkaleku-asetasun arazoa ekartzen duena udal beteenetan.

Zehazki, Bilbo udala da jada aparkaleku-plaza asetasun arazo handiagoak erregistratzen diren tokian, udala da tokian ia Bizkaia-ko populazioaren erdia bizi den. Horregatik, Bilboko Udalak azken urteetan burutu du hiribilduko auzotar egoiliarren aldetik ibilgailu-geratzera zuzendutako udal-titulartasun aparkaleku eraikinetako ehun erdiko sorrera.

Dena dela, Udaletxeak bere urteko txostenean argitaratutako datuen arabera, Bilboko udal-aparkalekuek erregistratzen dute okupazio altua, zeinengatik udal-disuasio-aparkaleku berriko egite bideragarritasuna auzo udalaz, Rekalde-ko auzoaz (Distritu 7), aseenetako batean ikastea erabakitzen den arrazoia.

## 1 INTRODUCCIÓN

En la presente memoria se resumirá y describirá el proyecto “Proyecto de Construcción de un Aparcamiento Disuasorio y Plaza Recreativa en el barrio de Rekalde (Bilbao-Bizkaia), entre la calle Gordóniz y la estrada Caleros” para la obtención del título de Grado en Ingeniería Civil de la Escuela Universitaria de Ingeniería de Bilbao II de la Universidad Pública del País Vasco (UPV-EHU) realizado por la alumna Patricia Astorgano Rodera.

## 2 ANTECEDENTES GENERALES

El gran desarrollo económico de la provincia de Bizkaia en los últimos 40 años ha hecho que se convierta en el núcleo poblacional de la Comunidad Autónoma Vasca, registrando la mayor densidad de población respecto a las demás provincias como se puede apreciar en la siguiente Tabla.

Densidad de población en la C.A. de Euskadi por ámbitos territoriales (habitantes/km <sup>2</sup> )	
	2018
<b>C.A. EUSKADI</b>	301,40
<b>ARABA</b>	107,00
<b>BIZKAIA</b>	515,00
<b>GIPUZKOA</b>	361,00

*Tabla 1. Densidad poblacional Euskadi. OpenData Euskadi*

Según los datos anteriores, Bizkaia cuenta con una densidad de población de 515,00 habitantes/km<sup>2</sup> de los que se obtiene, teniendo en cuenta que la superficie de la provincia es de 2.217 km<sup>2</sup>, que la población total de la provincia es del orden de 1.141.755 habitantes.

Dichos habitantes, se encuentran inmersos en un período de aumento del poder adquisitivo, según los datos que reporta el último estudio publicado por Adecco en 2018, en el que se hace referencia a una subida del 1,8% del salario neto medio de los Bizkainos, en términos interanuales. En base a ello, se entiende como lógico el incesante aumento del parque de vehículos matriculados en Bizkaia a lo largo de los años, tomando en consideración solo los datos de turismos y motocicletas, como se puede apreciar en la Tabla 2.

Parque de vehículos en la provincia de Bizkaia			
	2016	2017	2018
<b>TURISMOS</b>	504.417	512.294	519.061
<b>MOTOCICLETAS</b>	51.968	53.600	55.387
<b>TOTAL</b>	556.385	565.894	574.448

Tabla 2. Parque de Vehículos en la provincia de Bizkaia. DGT

Para conocer el municipio donde se registra el mayor número de estos vehículos, se acude a la siguiente tabla, donde se refleja el número de habitantes por municipio en el ámbito de Bizkaia, el cual, está directamente relacionado con el número de vehículos.

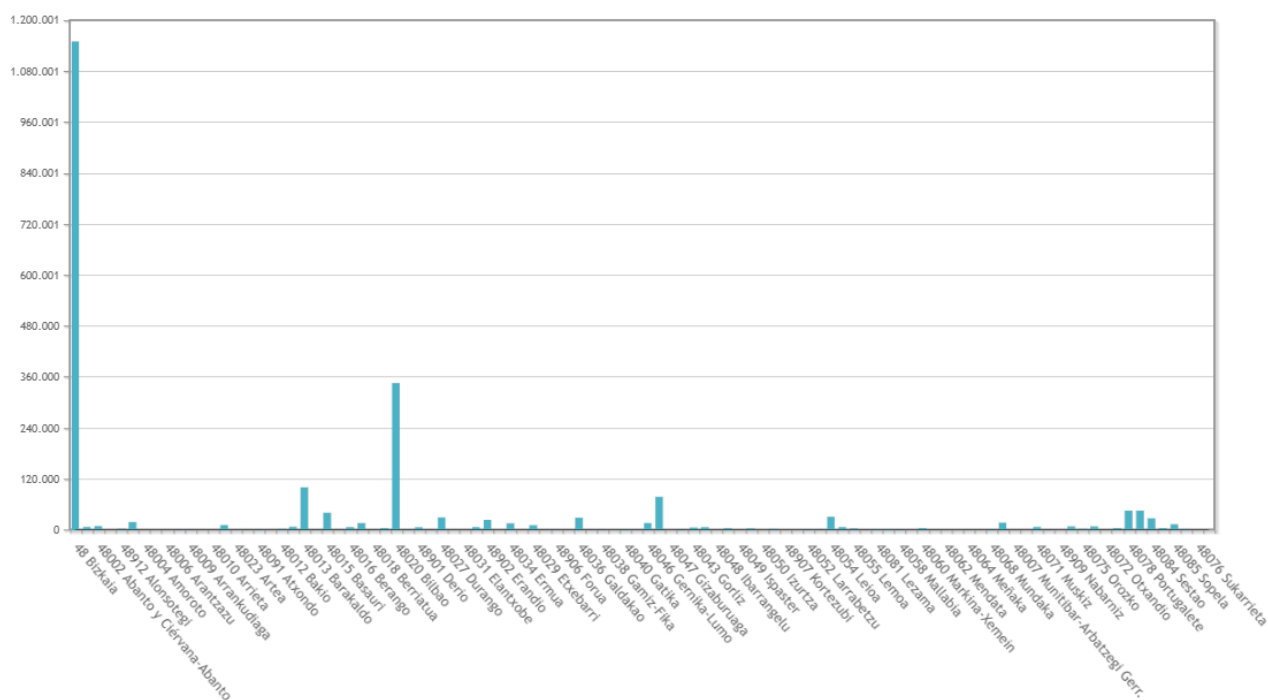
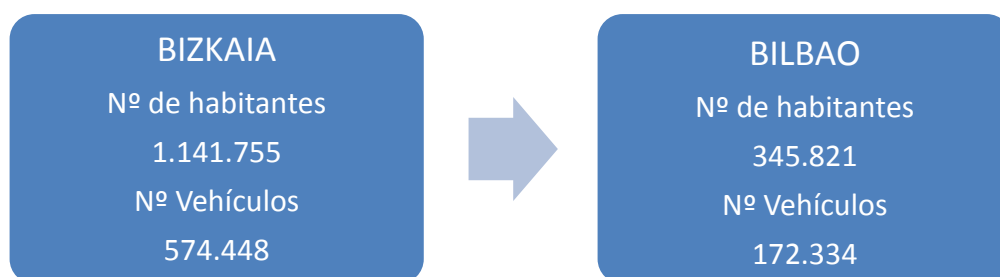


Gráfico 1. Número de habitantes por municipio de Bizkaia. Instituto Nacional de Estadística

Como se puede apreciar en el Gráfico 1, Bilbao es el municipio más poblado de la provincia donde reside el 30% de los habitantes de Bizkaia, y por consiguiente, el municipio con un mayor parque de vehículos. Como no ha sido posible la obtención del número exacto de vehículos matriculados en Bilbao, se estima a partir de la relación de habitantes/coche de Bizkaia.



*Gráfico 2. Relación de los habitantes/vehículos en Bizkaia y Bilbao.*

Por lo tanto, se llega a la conclusión de la existencia de un total de 172.334 coches y motos a lo largo del municipio de Bilbao.

El gran parque de vehículos registrados en la Villa, supone la necesidad de grandes dotaciones de aparcamiento, motivo por el cual, el Ayuntamiento de Bilbao ha llevado a cabo en los últimos años la creación de medio centenar de edificios de aparcamientos de titularidad municipal destinados al estacionamiento de vehículos por parte de vecinos residentes de la Villa bajo las condiciones fijadas en la “Ordenanza Reguladora de Aparcamientos de Titularidad Municipal destinados a Vecinos Residentes y a Régimen de Rotación”.

Aun así, según los datos recogidos en la memoria municipal de Bilbao 2017, las plazas de aparcamiento para residentes de titularidad municipal reportan unos datos de ocupación del 94,80%, por lo que se hace latente la necesidad de ampliar el número de plazas de aparcamiento municipales, dada su alta demanda por los habitantes de Bilbao.

## Circulación

### 2. Plazas de aparcamiento totales: 53.103

- En superficie No OTA: 16.924
- En superficie OTA: 16.387
- Subterráneas de Rotación: 3.242 repartidas en 10 aparcamientos
- Subterráneas de Residentes: 16.550 repartidas en 50 aparcamientos

### 3. Plazas ocupadas en Aparcamientos Municipales de Residentes: 94,80%

*Figura 1. Ocupación de aparcamientos en la Villa. Datos recogidos de la memoria municipal de Bilbao 2017.*



En base a todo lo mencionado, el Ayuntamiento de Bilbao propone la ejecución de un nuevo aparcamiento de titularidad municipal para residentes en el municipio.

### 3 ANTECEDENTES LOCALES

Por parte del Ayuntamiento de Bilbao, se ha decidido ejecutar el nuevo aparcamiento en el barrio de Rekalde, perteneciente al Distrito 7 de los 8 que conforman el municipio.

La decisión de la ejecución del aparcamiento municipal en el citado barrio, viene motivada por el incremento poblacional en Rekalde y los barrios aledaños en los últimos años, que es del orden de 1.510 habitantes durante un período de análisis de 14 años (2002-2016) como se puede apreciar en la siguiente Figura 3.

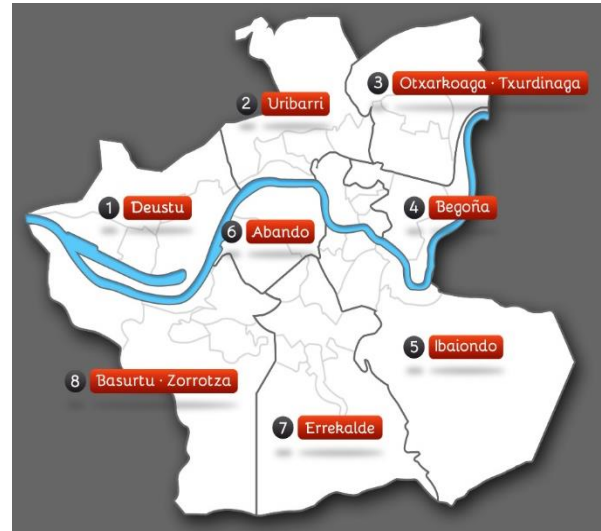


Figura 2. Distribución de los distritos de Bilbao.

Ayuntamiento de Bilbao

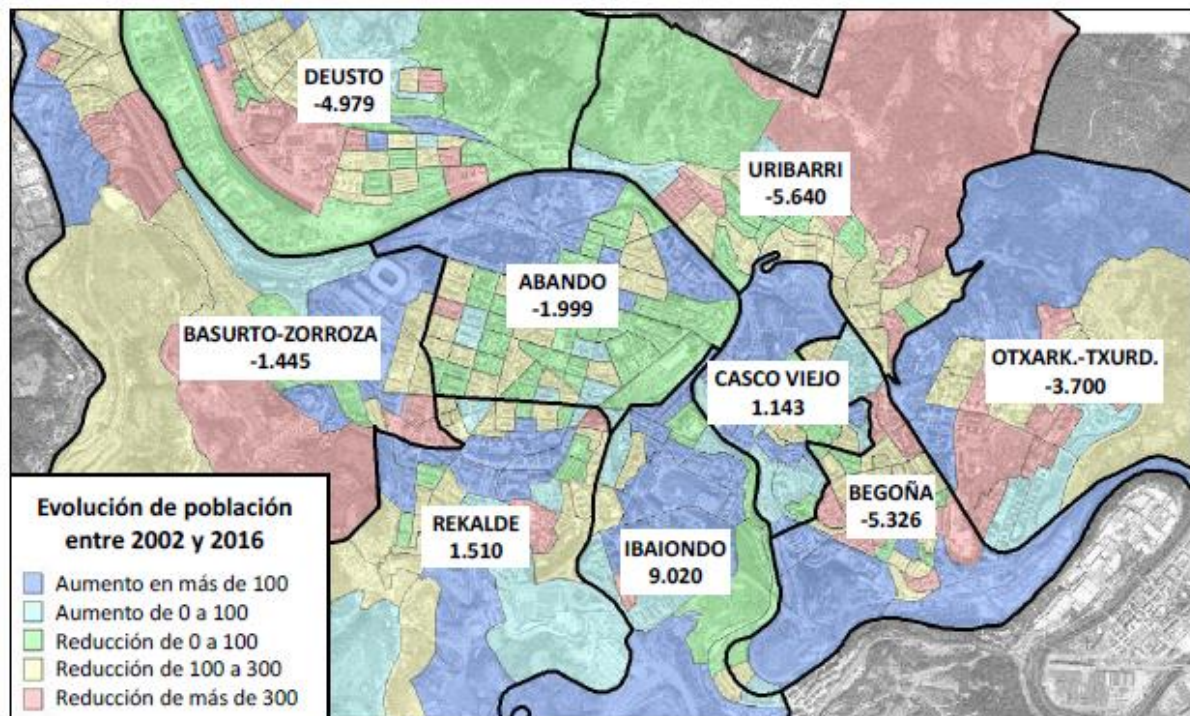
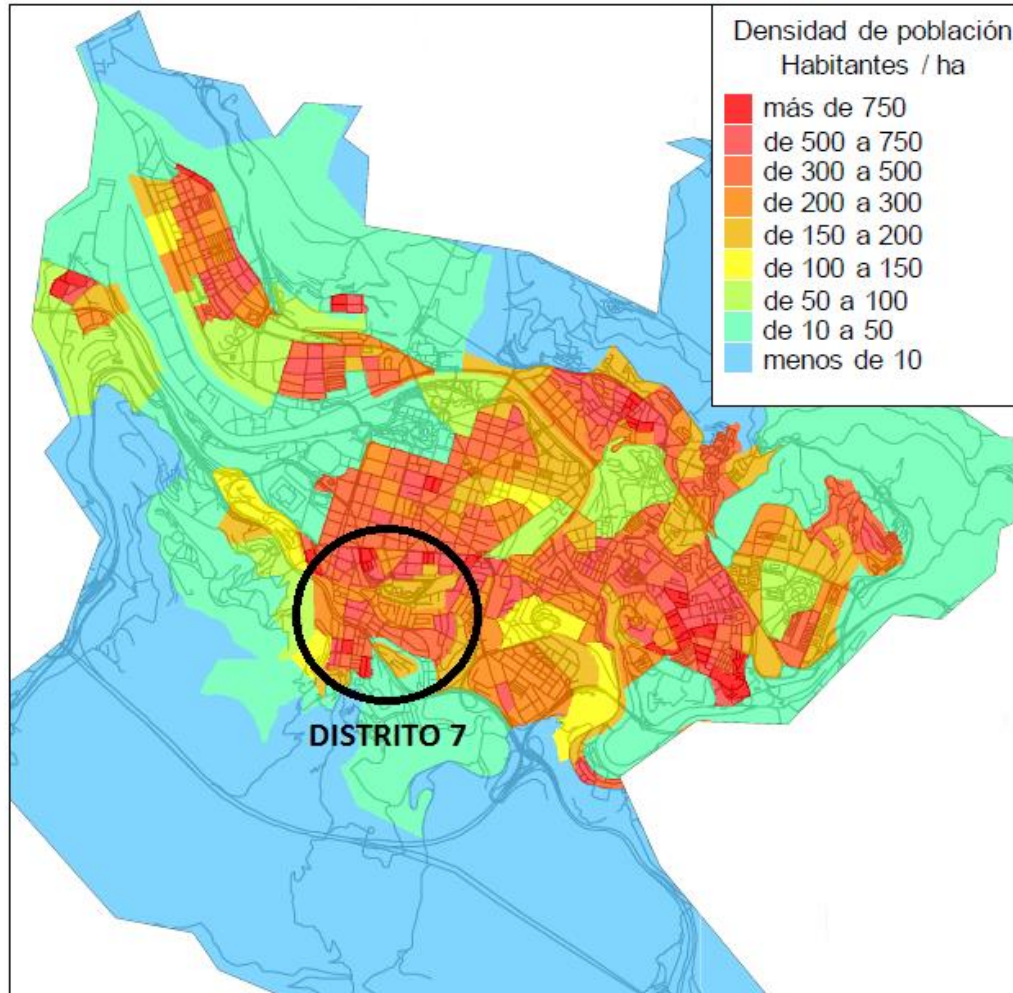


Figura 3. Evolución de la población entre 2002 y 2016 en nivel de desagregación de sección censal. Instituto Nacional de Estadística

Además, según datos del PMUS, Plan de Movilidad Urbana Sostenible 2015-2030 de la Villa de Bilbao, es uno de los barrios que mayor densidad poblacional presenta, lo que implica a su vez, una gran densidad de vehículos en un espacio limitado.



*Figura 4. Densidad de población de Bilbao por distrito censal. Instituto Nacional de Estadística*

Este hecho, afecta directamente a las dificultades que los últimos años sufren los vecinos de Rekalde para aparcar sus vehículos, aunque existen otros factores locales que también fomentan la escasez de plazas de aparcamiento.

Entre ellos, destaca el bajo índice de viviendas con aparcamientos subterráneos que se registran en el barrio, ya que, la mayor parte de los edificios de viviendas fueron creados hace más de 30 años, cuando no se consideraba el aprovechamiento del espacio con vista a futuro, por lo que, según datos del Instituto Nacional de la Vivienda, solo el 35% de los edificios de viviendas del barrio disponen de aparcamiento subterráneo.

Otro factor de influencia en la escasez de aparcamientos es la orografía del barrio de Rekalde, el cual, limita con las faldas del monte Arraiz en su parte Oeste y Sur y con el centro urbano de la ciudad de Bilbao en su parte Norte y Este lo que imposibilita la expansión de la superficie del barrio y la creación de aparcamientos en los extrarradios del mismo como se suele hacer en otras capitales de provincia.

Además, debido a la gran cantidad de comercios de nueva apertura en los últimos años en el barrio, el Ayuntamiento de Bilbao está concediendo numerosas licencias de vado de carga y descarga para vehículos de transporte, lo que se resume en la reducción periódica de las plazas superficiales disponibles para residentes que existen actualmente en el barrio.

Como consecuencia de los condicionantes descritos, los vecinos del barrio tienen diariamente grandes dificultades para encontrar un sitio donde aparcar su vehículo y así lo reflejan en las valoraciones de satisfacción realizadas para el “Observatorio Urbano De Los Barrios De Bilbao 2017” para los indicadores de Garajes y Aparcamientos, donde reflejan un nivel de satisfacción de 4,47 sobre una puntuación máxima de 10.

Esta dificultad para encontrar aparcamiento se debe a una continua saturación de las plazas de aparcamiento existentes, debido a los factores poblacionales, de orografía y de ordenación mencionadas anteriormente, como bien se puede apreciar en el Anejo 1. Saturación de plazas existentes del presente proyecto, donde los residentes aparcan sus vehículos en aceras, zonas de circulación de vehículos, zonas peatonales o vados.

Por lo tanto, en base a todo lo mencionado anteriormente, se hace ineludible la necesidad de aumentar el número de plazas de aparcamiento para residentes mediante una actuación municipal y solucionar así, la saturación de los aparcamientos ya existentes en el barrio, además de, proporcionar a los residentes del barrio una mayor accesibilidad vial y mejora de los servicios municipales.

## **4 JUSTIFICACIÓN**

### **4.1 JUSTIFICACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO**

En base a los factores mencionados en el apartado anterior, los cuales derivan en la saturación de los aparcamientos del barrio de Rekalde, queda clara la necesidad de la creación de un aparcamiento disuasorio de carácter municipal en el barrio.



Tras analizar los solares disponibles en el barrio de Rekalde para la creación de un edificio de aparcamientos, que posean el espacio suficiente para la creación de un número adecuado de plazas que solucione la saturación de las ya existentes, se concluye que el más adecuado es el situado entre la Estrada Caleros y la calle Gordóniz, antiguo emplazamiento del centro cultural Kukutza demolido en 2011.



*Figura 5. Emplazamiento del proyecto*

Esta parcela se revela como idónea para la ejecución del aparcamiento por varios motivos:

- **Situación estratégica.** El solar en mención posee una situación estratégica ya que los edificios colindantes no poseen aparcamientos subterráneos (a excepción del grupo de edificios de la plaza Belategi, el cual se encuentra en su máxima capacidad de uso según datos del Ayuntamiento de Bilbao) que den servicio de aparcamiento a los residentes de la zona.

Además, el solar está situado en los límites del barrio de Rekalde con los barrios de Uretamendi e Iturrigorri-Peñascal, como se puede apreciar en el Anejo 2. Emplazamiento del presente proyecto, por lo que puede dar servicio a los residentes de todos ellos dada su cercanía al emplazamiento.

- **Actual estado de desuso.** Tras la demolición del centro cultural Kukutza, y por temor a represalias por parte de los grupos más radicales, que en dicho edificio desarrollaban su labor, a futuros negocios que puedan desarrollar su actividad en el solar, ninguna empresa o inversor privado muestra interés en la parcela que, hasta la fecha actual, sigue en desuso. Esto, supone un obstáculo a la accesibilidad de la zona y un grave desaprovechamiento de los espacios públicos, motivo por el cual el Ayuntamiento de Bilbao ha decidido realizar este proyecto de titularidad municipal.



*Figura 6. Centro cultural KUKUTZA en el emplazamiento del proyecto (Año 2011).*

- **Posibilidad de inclusión de la parcela en el dominio público apto para uso de los residentes.** Actualmente, la parcela está clasificado en el PGOU de Bilbao como Suelo Urbano no Consolidado como se puede apreciar en la Figura 7, por lo que, la ejecución del aparcamiento en la misma, permitiría no solo solucionar el problema de saturación de aparcamiento en el barrio de Rekalde, sino que también plantea una gran oportunidad para la consolidación de la misma mediante la ejecución, sobre la cubierta del edificio de aparcamientos, de un espacio público para uso de los residentes.

Dicha actuación permitirá eliminar las barreras arquitectónicas que actualmente suponen los muros que lo rodean y brindar al barrio un espacio urbano, accesible y consolidado de disfrute para todos sus habitantes.



*Figura 7. Suelo Urbano No Consolidado. GeoEuskadi*

#### **4.2 JUSTIFICACIÓN APACAMIENTO SUBTERRANEO**

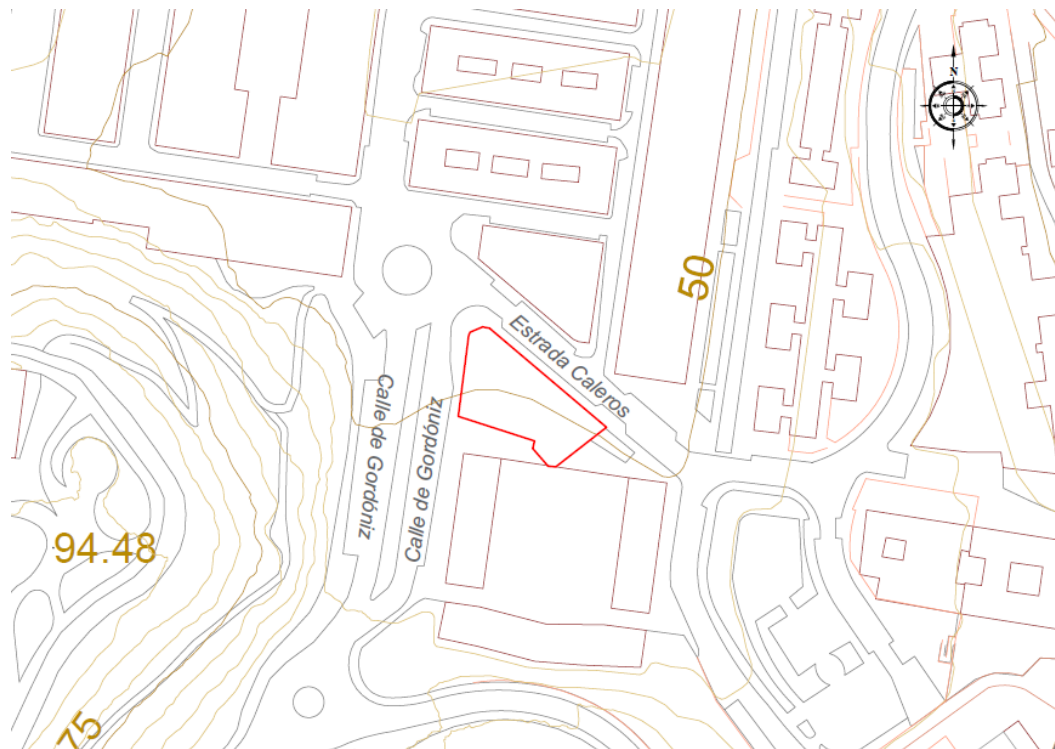
En cuanto a la decisión, por parte de los técnicos de Ayuntamiento, de la ejecución de un aparcamiento subterráneo en el solar de referencia, esta viene motivada por la incoherencia que supondría la ejecución de un parking a nivel, con las políticas de accesibilidad y aprovechamiento peatonal de los espacios públicos que el Ayuntamiento de Bilbao tiene como punto de partida a la hora de la ejecución de cualquier proyecto de carácter público. Además, supondría un molesto impacto visual para los habitantes del barrio de Rekalde.

#### **5 OBJETIVO**

Mediante este proyecto se pretende definir las características del edificio y las obras necesarias para la construcción de las instalaciones que se plantean en este documento, habiendo tomado para la ejecución y diseño del presente proyecto las normativas vigentes en sus respectivos campos de actuación, tanto las normas estatales como las autonómicas y municipales, considerando en cada caso aquella que resulte más restrictiva.

#### **6 EMPLAZAMIENTO**

La parcela se ubica en la unidad de ejecución 719.01 del municipio de Bilbao. Esta, se sitúa en la intersección de la estrada Caleros (noroeste) y la calle Gordóniz (noroeste), limitando en el sur con la plaza Belategi, en el barrio de Rekalde, Bilbao, Bizkaia, País Vasco, España.



*Figura 8. Emplazamiento de la parcela.*

Mencionar que, el solar se encuentra en una zona residencial con un alto índice de habitantes y comercios, ya que una de las calles que lo delimita, la calle Gordóniz, constituye la arteria principal del barrio.

La parcela, está catalogada como zona urbanizable, por lo que cuenta con acceso a todos los servicios imprescindibles y necesarios que puedan requerirse, como suministro y recogida de aguas, electricidad, gas, servicios de telecomunicaciones, etc.

## 7 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

### 7.1 ALTERNATIVAS GENERALES

La alternativa inicial era un nuevo terreno en desuso creado tras el soterramiento de las vías del tren en la calle Dr. Díaz Emparanza.

Una vez analizado el posible emplazamiento, se concluyó que el aparcamiento debía ser subterráneo, ya que, de lo contrario interferiría con el objetivo del Ayuntamiento de Bilbao por el cual se llevó a cabo la obra de soterramiento: liberar la zona de las barreras arquitectónicas que suponían las vías del tren y peatonalizar toda la calle, dotándola de parques y zonas de recreo. Además, el impacto visual de un aparcamiento en superficie sería molesto.



Para comprobar la viabilidad del aparcamiento subterráneo en el solar de la calle Dr. Díaz Empanaza, se realizó un encaje inicial donde rápidamente se observó que éste interfería con las vías soterradas del tren, lo cual es inviable en materia estructural y de seguridad, tanto para los usuarios del tren como para los usuarios de aparcamiento disuasorio.

Después de haber descartado esta opción, se encontró el terreno de la Estrada Caleros, citado en el apartado anterior, el cual está próximo a las zonas de aparcamiento más saturadas y concurridas del barrio por lo que se tomó como la mejor alternativa y por tanto la que se llevará a cabo.

## **7.2 ALTERNATIVAS LOCALES**

En cuanto a las alternativas locales, mencionar que gran parte del tiempo de elaboración del proyecto se ha invertido en el encaje del aparcamiento en el solar de referencia.

Esta gran dedicación al encaje, viene motivada por la necesidad de obtener el máximo rendimiento al espacio existente en el solar, es decir:

- Obtener el mayor número de plazas de aparcamiento posibles.
- Solucionar de una manera eficiente los numerosos desniveles que presentan las parcelas y viales adyacentes.
- Dar a la cubierta un nuevo uso como plaza recreativa.
- Dotar a la parcela de todos los servicios necesarios para incluirla en el PGOU como suelo urbano consolidado.

Todo ello, con los recursos estrictamente necesarios.

## **8 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **8.1 CONCEPTO**

#### **8.1.1 RÉGIMEN DE APARCAMIENTO DE TITULARIDAD MUNICIPAL DESTINADO A RESIDENTES**

Los aparcamientos de titularidad municipal constituyen la relación de edificios de aparcamiento de titularidad municipal destinados al estacionamiento de vehículos por parte de vecinos residentes que ostenten el título constitutivo de su situación y reúnan, en todo momento, las condiciones fijadas en la “Ordenanza Reguladora de Aparcamientos de Titularidad Municipal destinados a Vecinos Residentes y a Régimen de Rotación”.



Como recoge la normativa, el Ayuntamiento de Bilbao será el propietario de las plazas de aparcamiento, pero la construcción, gestión y mantenimiento del aparcamiento, será de la competencia exclusiva del contratista-adjudicatario, sin perjuicio de las facultades reservadas a la Institución Municipal.

En cuanto a la explotación de las plazas, una vez adjudicadas a los residentes según los criterios recogidos en la Ordenanza de referencia, estos tendrán el derecho a su disfrute durante 40 años.

Una vez transcurridos los 40 años, las plazas volverán a entrar en proceso de adjudicación a vecinos residentes que ostenten el título constitutivo de su situación y reúnan, en todo momento, las condiciones fijadas en la “Ordenanza Reguladora de Aparcamientos de Titularidad Municipal destinados a Vecinos Residentes y a Régimen de Rotación”.

El precio de cada plaza de aparcamiento, será consensuado por los responsables del Ayuntamiento cuando la ejecución del mismo este próxima a concluir, intentando así, ajustar la cuantía económica por plaza al estado del mercado en dicho momento.

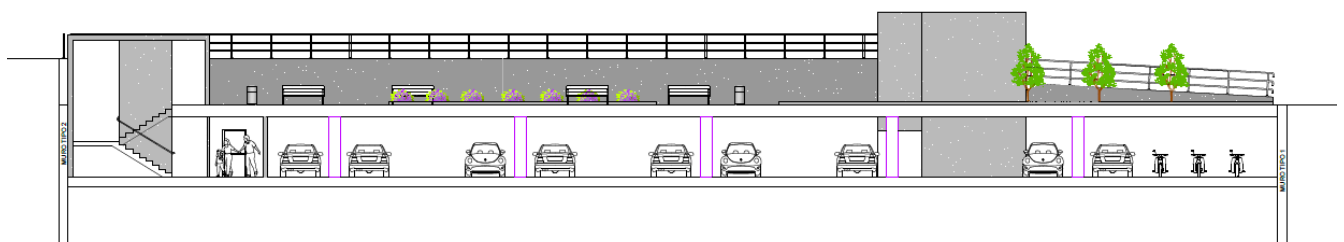
### 8.1.2 RÉGIMEN DE APARCAMIENTO DISUASORIO

Un aparcamiento disuasorio, como su propio nombre indica, es aquel que disuade a sus usuarios de aparcar en otras zonas.

En este caso, su fin es alentar a los residentes a la adquisición de sus plazas de aparcamiento para evitar aparcar su vehículo en las plazas superficiales del barrio y atenuar la saturación que estas sufren.

## 8.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES

El aparcamiento dispone de 1 planta de sótano bajo rasante sobre la que se ejecutará, una plaza recreativa exterior para disfrute de los vecinos del barrio.



*Figura 9. Alzado del aparcamiento subterráneo (Planta Sótano) y la Plaza Recreativa (Cubierta)*

La superficie total construida del aparcamiento es de 1.145,17m<sup>2</sup> haciendo un total de 2.290,34 m<sup>2</sup> teniendo en cuenta, también, la plaza recreativa sobre la cubierta.



*Figura 10. Vista 3D del aparcamiento subterráneo. Dialux Evo*

### 8.2.1 PLANTA SÓTANO

En la planta sótano se reparten 43 plazas de aparcamiento, de acuerdo con las exigencias de la normativa municipal, la siguiente manera:

- 29 plazas para vehículos de 2,50 x 4,80 m.
- 2 plazas para personas de movilidad reducida de 3,70 x 4,80 m (1 PMR / 40 coches).
- 6 plazas para bicicletas de 1,50 x 2,50 m (1 bicicleta / 5 coches).
- 6 plazas para motocicletas de 1,50 x 2,50 m (1 motocicleta / 5 coches).

Tanto el número de plazas, como las dimensiones de las mismas se han proyectado de acuerdo a las exigencias del “Plan General de Ordenación Urbana del municipio de Bilbao” y de la “Ordenanza Municipal de Edificación del Gobierno Vasco” tomado siempre la más restrictiva en caso de incongruencias.

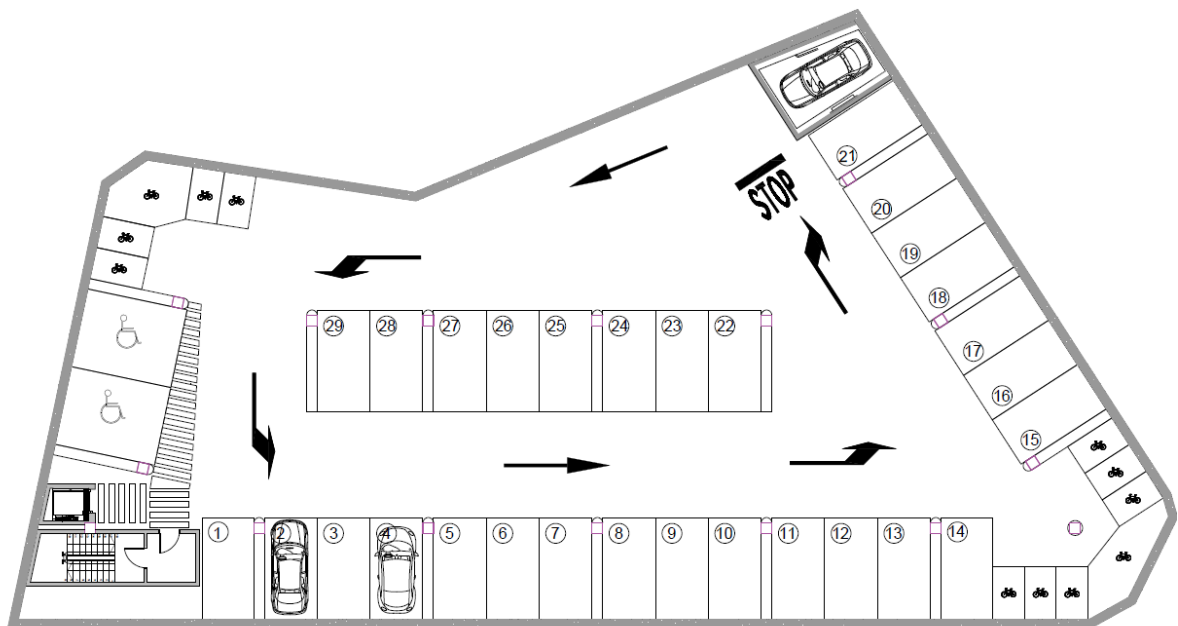
La disposición de las plazas de aparcamiento se ha realizado de forma que se aproveche al máximo el espacio existente, buscando además una vertebración que posibilite la utilización del aparcamiento en condiciones de seguridad y comodidad.

El acceso rodado al aparcamiento se realizará a través de una plataforma elevadora de entrada y salida situada en la calle Gordóniz. La instalación de dicha plataforma ha sido totalmente necesaria, ya que, la opción de ejecutar una rampa de acceso era inviable de acuerdo a las condiciones de pendiente máxima requerida.

La pendiente máxima que la normativa establece para rampas en zonas rectas es del 16%, que aplicándolo a los 4,5 m de profundidad necesarios para acceder al parking desde el vial de la calle Gordóniz, se debería disponer una gran rampa de 28 metros de longitud que ocuparía un gran espacio en el interior del aparcamiento y reduciría el número de plazas.

En el interior del aparcamiento se distinguirán dos zonas: la de circulación y aparcamiento de vehículos y la de escaleras y ascensor, que abarca las áreas de acceso únicamente para personas. Cada una de estas zonas ha sido calculada debidamente con sus cargas correspondientes según el CTE DB SE-AE.

En cuanto a la zona de circulación y aparcamiento del edificio, la anchura mínima de las calles de circulación en el interior del aparcamiento es de 5 m al estar situadas las plazas en un ángulo de 90° y los radios de curvatura mínimos son de 4,5 m.



*Figura 11. Planta del aparcamiento subterráneo*

La zona de escaleras y ascensor constituyen las salidas peatonales al exterior y la zona de refugio en caso de incendio. Esta zona, está estratégicamente situada junto a los aparcamientos para personas de movilidad reducida con la intención de reducir al máximo la distancia que deben recorrer para llegar al exterior, además de proporcionarles una zona de refugio cercana y protegida según el CTE DB SI en caso de incendio.

El aparcamiento cuenta con las instalaciones necesarias para su correcto funcionamiento y de cumplimiento de la normativa CTE. Entre ellas se ha proyectado una instalación de iluminación según CTE HE 3, de protección contra incendio CTE DB SI y de ventilación forzada CTE DB HS.

### 8.3 CUBIERTA

La plaza recreativa que se situará sobre la cubierta del aparcamiento y constituirá la zona de desembarco, tanto de la escalera, como del ascensor. En ella, se dispondrá además del cuarto de instalaciones, que da soporte a las instalaciones del aparcamiento, luminarias de exterior, una pequeña instalación para la evacuación de aguas de la cubierta y varias zonas verdes con bancos para uso y disfrute de los residentes del barrio de Rekalde.



*Figura 12. Ortofoto y modelo de la plaza recreativa sobre la cubierta. Dialux Evo*

### 8.4 GESTIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS

Durante la redacción del presente proyecto se ha identificado la parcela de referencia como contaminada, ya que en el pasado soportó actividad industrial, según el inventario de suelos que soportan o han soportado actividades o instalaciones potencialmente contaminantes del suelo del Gobierno Vasco.



Figura 13. Suelos contaminados en el emplazamiento (GeoEuskadi)

Por lo tanto, será de vital importancia antes y durante las labores de movimiento de tierras la correcta excavación, transporte y gestión de los suelos contaminados por parte de una o varias entidades acreditadas, así como la elaboración de varios documentos necesarios para la aprobación de la excavación de los suelos contaminados por parte de la Administración, de acuerdo a lo reflejado en el Anejo 6. Gestión de Suelos Contaminados.

## 8.5 SISTEMA CONSTRUCTIVO

El edificio se plantea por completo de hormigón armado mediante la ejecución “in situ” de todos los elementos que lo componen. Esta elección se debe a al reducido espacio del que se dispone en la obra y a la imposibilidad de utilización de ningún solar próximo como zona de acopio para elementos prefabricados, ya que el emplazamiento del proyecto se sitúa en un núcleo urbano.

Todos los elementos constructivos serán ejecutados con hormigón armado de resistencia característica a la compresión a 28 días de 25 N/mm<sup>2</sup> (250 kp/cm<sup>2</sup>), con tamaño máximo del árido 20 mm y exposición tipo de ambiente IIa, según la normativa EHE-08. El acero utilizado para armar la totalidad de los elementos constructivos, serán barras corrugadas tipo B 500 S según la normativa UNE-EN 10080.

En cuanto a los cálculos realizados para el diseño de la estructura se han llevado a cabo en su mayor parte mediante el programa informático Cype, en sus módulos CypCad y Muros Pantalla como se puede apreciar en el Anejo 7. Estructura Principal.

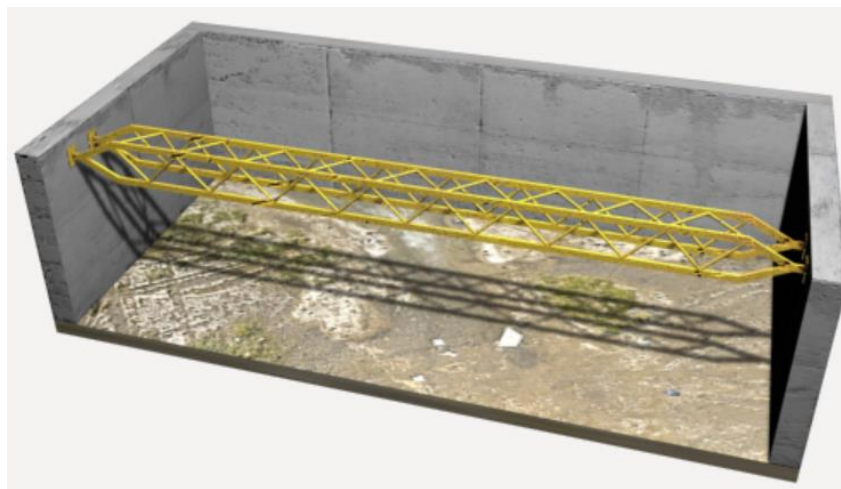
## 8.5.1 CIMENTACIÓN

En el presente proyecto se ha realizado una doble cimentación; una cimentación profunda mediante la ejecución de muros pantalla para la contención del terreno circundante durante las labores de excavación, debido a su mala capacidad portante, y una cimentación superficial constituida por una losa de cimentación sobre la que apoyarán los demás elementos constructivos.

### 8.5.1.1 MUROS PANTALLA

Para realizar la excavación del terreno y poder construir el sótano en el que se realizará el aparcamiento se ejecutará un muro pantalla de hormigón armado de 40cm de espesor, que permitirá la extracción segura del terreno.

Mediante el arriostramiento del terreno durante la fase de ejecución, con tres vigas de celosía, con planchas metálicas y fijaciones, para emplazamientos con grandes luces, se pretende asegurar la estabilidad del muro pantalla durante los trabajos de excavación de las tierras hasta que se rigidice definitivamente la pantalla mediante sus uniones al resto de la estructura.



*Figura 14. Celosía utilizada para el arriostramiento de los muros pantalla*

Debido a las características propias de esta construcción, se definen 4 tipos de muros atendiendo a las necesidades de integración del proyecto en el entorno urbano y la contención de tierras debido a su carácter subterráneo. Mencionar, que los muros pantalla sostendrán únicamente el terreno adyacente debido a que no se plantea realizar ningún tipo de estructura sobre la cubierta, ya que esta será peatonal.

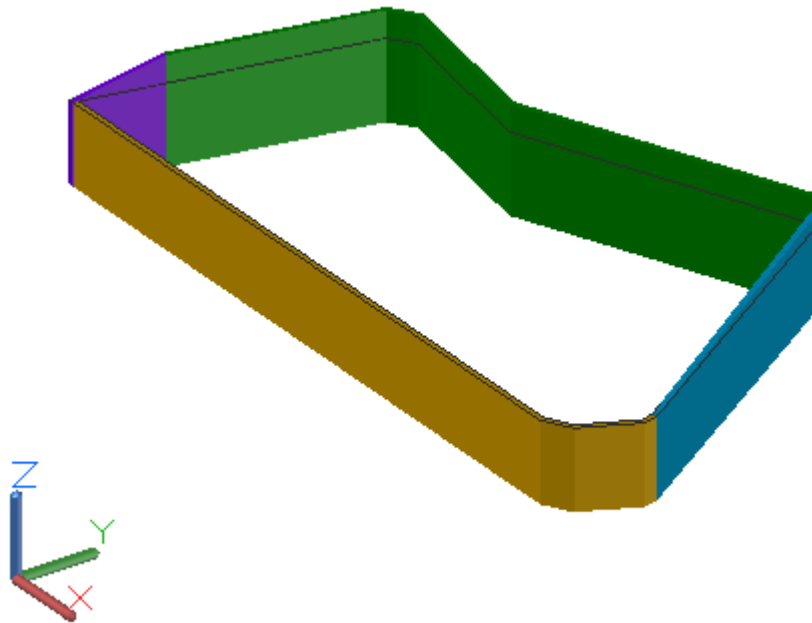


Figura 15. Vista 3D de los muros tipo. AutoCAD Civil 3D

#### 8.5.1.2 LOSA DE CIMENTACIÓN

Como método de cimentación superficial se prevé la ejecución de una losa de cimentación de hormigón armado de 40 cm de espesor, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 85 kg/m<sup>3</sup>, la cual tiene por objeto transmitir las cargas del edificio al terreno distribuyendo los esfuerzos uniformemente.

Como acabado de la misma, se ha decidido realizar un pulido mediante fratasadora mecánica, con incorporación de capa de rodadura mediante árido de cuarzo, ya que reporta muy buenos resultados de durabilidad, resistencia y fácil mantenimiento.

#### 8.5.2 PILARES

En el proyecto se plantea un único tipo de pilar de hormigón armado HA-25/B/20/IIa y sección cuadrada de 50 cm de lado a fin de facilitar y homogeneizar su ejecución. El número de pilares necesarios es de 16, situados a lo largo del aparcamiento de manera estratégica para no interferir en los carriles de circulación ni limitar el espacio de las plazas de aparcamiento en la medida de lo posible.



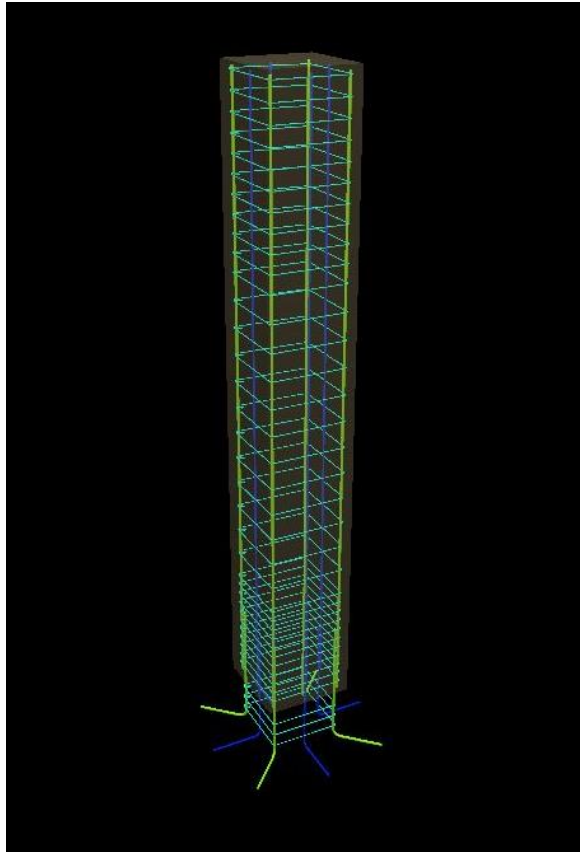


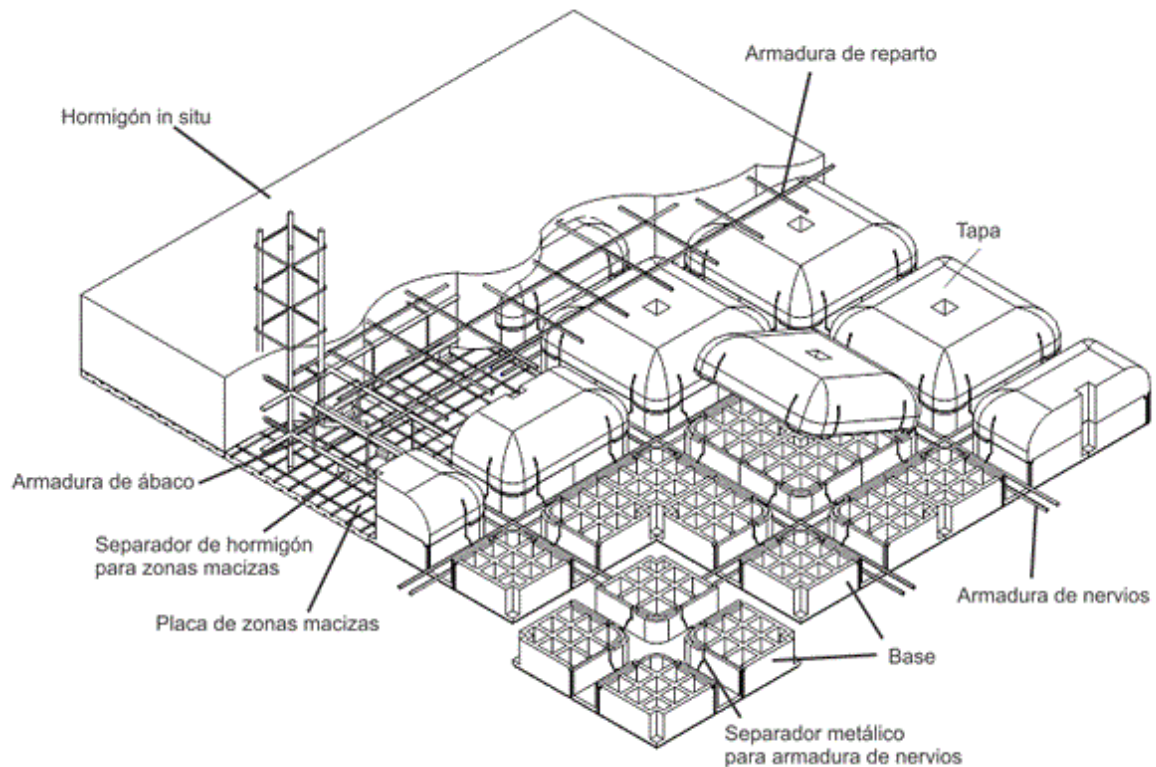
Figura 16. Armado tipo de los pilares en 3D. CypeCad

### 8.5.3 FORJADO RETICULAR

Como forjado se ha proyectado un forjado reticular de hormigón armado HA-25/B/20/IIa y acero B 500 S con una cuantía aproximada de 19 kg/m<sup>2</sup> de 50 cm de espesor y con capa de compresión de 10 cm. El elemento aligerante está constituido por casetón de poliestireno expandido de 68x68x40 cm acompañado por nervios de hormigón de 12 cm de espesor con 80 cm de intereje.

Mediante el empleo de este tipo de forjado se pretende un reparto bidireccional de las cargas gracias a sus nervios colocados en ambas direcciones. Además, debido a la ligereza de los casetones de poliestireno, se conseguirá reducir tanto el peso de la estructura, como, una rápida ejecución en obra.





*Figura 17. Elementos de forjado reticular*

#### 8.5.4 ESCALERAS

La losa de escalera será de hormigón armado visto de espesor  $e=15\text{cm}$ , con peldaño de hormigón HA-25/P/20/IIa y acero B 500 S con una cuantía aproximada de  $18\text{ kg/m}^2$ . Los peldaños, con huella de  $0,28\text{ m}$  y contrahuella de  $0,172\text{ m}$ , interrumpidos por un descansillo intermedio, se han dimensionado de acuerdo a la normativa CTE DB SUA.

#### 8.5.5 VESTÍBULO DE INDEPENDENCIA

Se prevé la ejecución de un vestíbulo de independencia de acuerdo a la normativa CTE DB SI. Propagación Interior para la consolidación de las escaleras como especialmente protegidas ya que esta constituye un sector de incendio distinto al del aparcamiento. Además, podrá ser utilizada como zona de refugio para personas de movilidad reducida en caso de incendio.

### 8.5.6 CERRAMIENTOS

En el presente proyecto se definen varios cerramientos interiores y exteriores de bloque de hormigón prefabricado con resistencia normalizada R10 (10 N/mm<sup>2</sup>) de dimensiones 40x20x20 cm para cerramiento de los elementos no portantes del proyecto. En dichos elementos se encuentra las escaleras, el ascensor, la plataforma elevadora y el cuarto de instalaciones en todo su recorrido vertical, quedando una parte del cerramiento en el interior del edificio y otra en el exterior.

### 8.5.7 ACABADOS

En el pavimento del aparcamiento se ejecutará, además del pulido, un tratamiento superficial de protección hidrófuga para pavimentos de hormigón, mediante impregnación incolora.

El paramento interior se revestirá con pintura a la cal de color blanco previa aplicación de una mano de imprimación granulosa translúcida.

Los cerramientos exteriores mencionados en el apartado anterior serán revestidos mediante una capa de mortero de cemento para exterior, tipo GP CSIV W2, según UNE-EN 998-1, color gris, de 3 mm de espesor, a buena vista.

### 8.5.8 CARPINTERÍA

Las puertas cortafuegos serán de marco de acero galvanizado y una hoja de acero de 63 mm de espesor, 900x2000 mm de luz y altura de paso, con perfiles interiores para rigidizar EI2 90-C5 y barra antipánico. Estas puertas cortafuegos se ubicarán en el acceso al vestíbulo de independencia, en el acceso a las escaleras y en la salida peatonal al exterior desde las escaleras.



Figura 18. Puerta cortafuegos EI2 90-C5

Se dispone también, una puerta de acero galvanizado con tratamiento antihuellas de una hoja, 900x1900 mm, de acceso al cuarto de instalaciones situado sobre la cubierta.

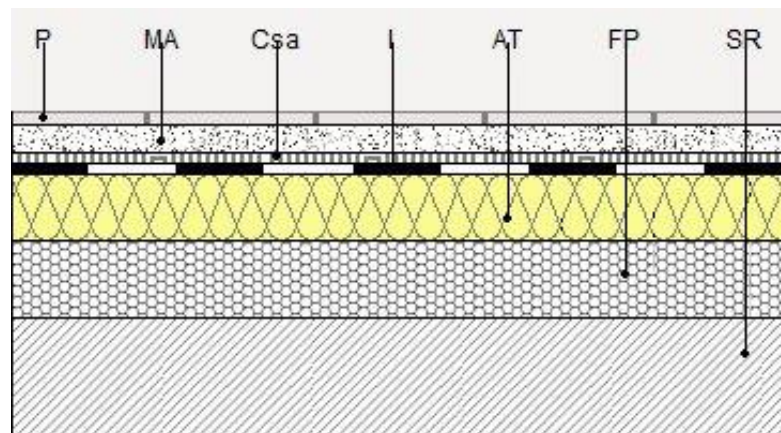
Las dos puertas de la plataforma elevadora serán correderas de 220x200 cm en acero pintado.

### 8.5.9 PINTURA

Se empleará pintura de color blanco para delimitar las plazas de aparcamiento y para las plazas de minusválidos se utilizará pintura epoxi de color azul especial para el recubrimiento y protección de suelos de hormigón en interiores con acción antipolvo y alta resistencia al desgaste. En cuanto a las flechas viales y señalización horizontal dentro del aparcamiento se utilizará pintura especial color blanco con microesferas de vidrio, para conseguir efecto retrorreflectante.

### 8.5.10 CUBIERTA TRANSITABLE NO VENTILADA

La cubierta sobre la que se ejecutará la plaza recreativa constituye una cubierta plana transitable, no ventilada, para tráfico peatonal público.



*Figura 19. Capas de la cubierta transitable*

La cubierta consta de varios niveles apoyados sobre el forjado reticular; un nivel de formación de pendientes, otro de aislamiento térmico, una capa de impermeabilización, una capa separadora bajo protección y la capa de protección en contacto exterior formada por baldosas de hormigón 30x30 cm.

## 8.6 INSTALACIONES

### 8.6.1 SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS

El sistema automático de detección de incendios proyectado consta de 30 detectores de incendio analógicos direccionables, 8 pulsadores de alarma y 2 sirenas acústicas electrónicas repartidos por todo el aparcamiento.

Además, se dispondrán dos centrales de incendio para 2 zonas de detección, por si una fallará, a través de las cuales se podrán controlar los sistemas de extinción y detección del aparcamiento en caso de incendio.

### 8.6.2 SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS

Se instalará una red de bocas de agua contra incendios reglamentaria, de forma tal que bajo su acción quede cubierta la totalidad de la superficie del aparcamiento, considerando radios de acción de 20m de recorrido real de la manguera y un alcance teórico de 5m de chorro de agua. La instalación de 3 bocas de agua contra incendios, estará compuesta por 3 bocas de incendios equipadas (BIE), de tipo 25mm.

Las bocas de incendios del proyecto estarán conectadas al grupo de presión mediante una red aérea de distribución de agua formada por una tubería de acero negro con soldadura longitudinal.



*Figura 20. Boca de incendios equipada (BIE) de 25mm.*

Además, se ha proyectado la instalación de 6 extintores en la zona de circulación y aparcamiento, 2 en las escaleras y 1 en el vestíbulo de independencia, de tal forma que el recorrido real desde cualquier origen de evacuación hasta un extintor no supere los 15m. Todos ellos serán del tipo homologados por el Ministerio de Industria y cumplirán con el vigente Reglamento de Aparatos a Presión.

Los medios de protección contra incendios de utilización manual (extintores, bocas de incendio, pulsadores manuales de alarma y dispositivos de disparo de sistemas de extinción) estarán señalizados mediante señales definidas, así como los recorridos de evacuación según las normas UNE 23033-1 y DB SI 3 respectivamente.

### 8.6.3 ALUMBRADO INTERIOR

Para la iluminación del aparcamiento se ha optado por utilizar 3 tipos de luminarias de garaje a fin de obtener una buena eficiencia energética de la instalación según el CTE HE 3. Las luminarias tienen las siguientes características:

- 22 Luminarias de 1594x165x125 de 2 lámparas fluorescentes T5 35 W.
- 6 Luminarias de 1294x165x125 de 2 lámparas fluorescentes T5 28 W
- 5 Luminarias de 1594x110x113 de 2 lámparas fluorescentes T5 80 W.

En el vestíbulo de independencia se instalará una luminaria suspendida tipo Downlight TC TEL de 42 W, así como para el cuarto de instalaciones, donde, también se ha instalado una luminaria Downlight de techo TC D 18 W. En la zona de escalera se han instalado 16 luminarias empotradas cuadrada tipo Walklight led de 3.1 W.

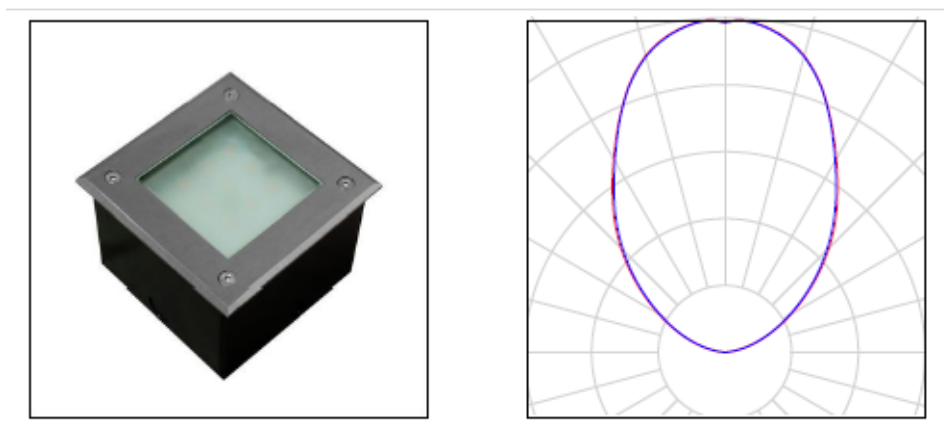
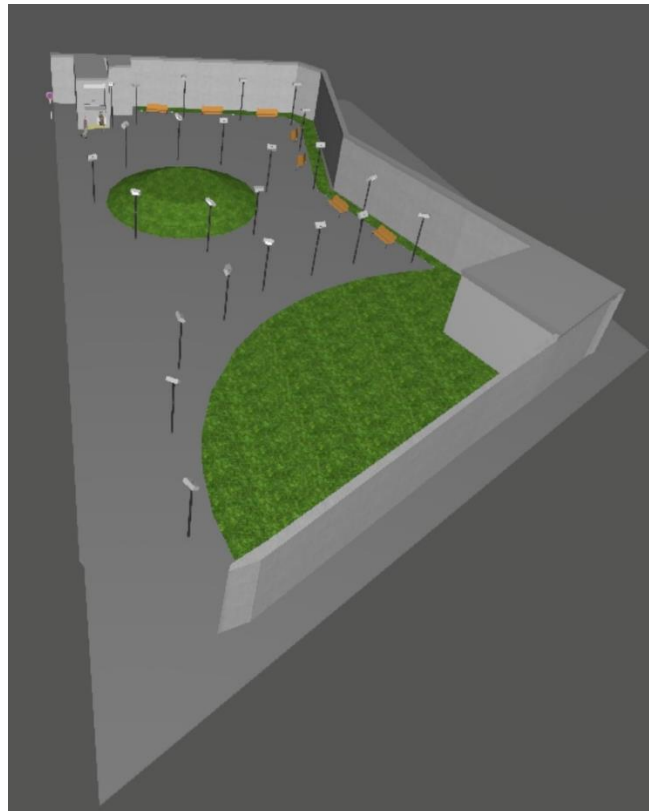


Figura 21. Luminaria de escalera tipo Walklight

Para el alumbrado de emergencia se ha dotado al edificio con 28 luminarias estancas con tubo lineal fluorescente de 8 W – G5 y flujo luminoso de 420 lúmenes, en la zona de aparcamiento y con 2 luminarias 6 W – G5 y flujo luminoso de 155 lúmenes, en las zonas comunes.

#### 8.6.4 ALUMBRADO EXTERIOR

Para el alumbrado de la plaza recreativa se colocarán 24 luminarias de exterior PHILIPS SGS102 FG de 250 W y flujo luminoso de 22733 lúmenes con lo que se asegura una correcta iluminación de todo el espacio.



*Figura 22. Disposición de las luminarias de exterior*

#### 8.6.5 SISTEMA DE SEGURIDAD

Para la seguridad del aparcamiento, así como para asegurar un buen uso de las plazas de aparcamiento por parte de los titulares temporales de las plazas de concesión municipal se instalará un control de accesos y salidas con reconocimiento de matrícula en el acceso rodado al parking.

Dadas las características geométricas del aparcamiento, en vez de optar por un número elevado de cámaras fijas que no dejen puntos ciegos, se ha decidido implantar una única cámara PTZ (Pan, Tilt, Zoom) móvil tipo TUB camera®. Es una cámara que se desplaza a lo largo de un tubo con recubrimiento efecto espejo, de forma que pasa desapercibida para los usuarios del aparcamiento.



*Figura 23. TUB camera® dentro de tubo efecto espejo*

En el exterior del edificio se ubicarán dos cámaras DOMO las cuales se situarán, una en la entrada/salida de vehículos de la calle Gordóniz y otra en la entrada/salida de usuarios junto a la Estrada Caleros. La instalación de estas cámaras permitirá la observación tanto de la entrada y la salida de vehículos por la plataforma elevadora, como la entrada y salida de usuarios por las escaleras y ascensor.



*Figura 24. Cámara DOMO*



Todas estas instalaciones de comunicación y vigilancia irán integradas en un único sistema Ethernet que será gestionado por una empresa especializada, que será la encargada de alertar a los cuerpos del estado bajo situaciones de emergencia o delincuencia.

#### **8.6.6 SISTEMA DE ELEVADORES**

Se instalará un ascensor eléctrico de 630 kg de carga nominal con capacidad para 8 personas junto a las escaleras del aparcamiento y una plataforma elevadora Enier, modelo MPHD 2800 kg de carga nominal y 7,5 CV, con entrada por la calle Gordóniz.

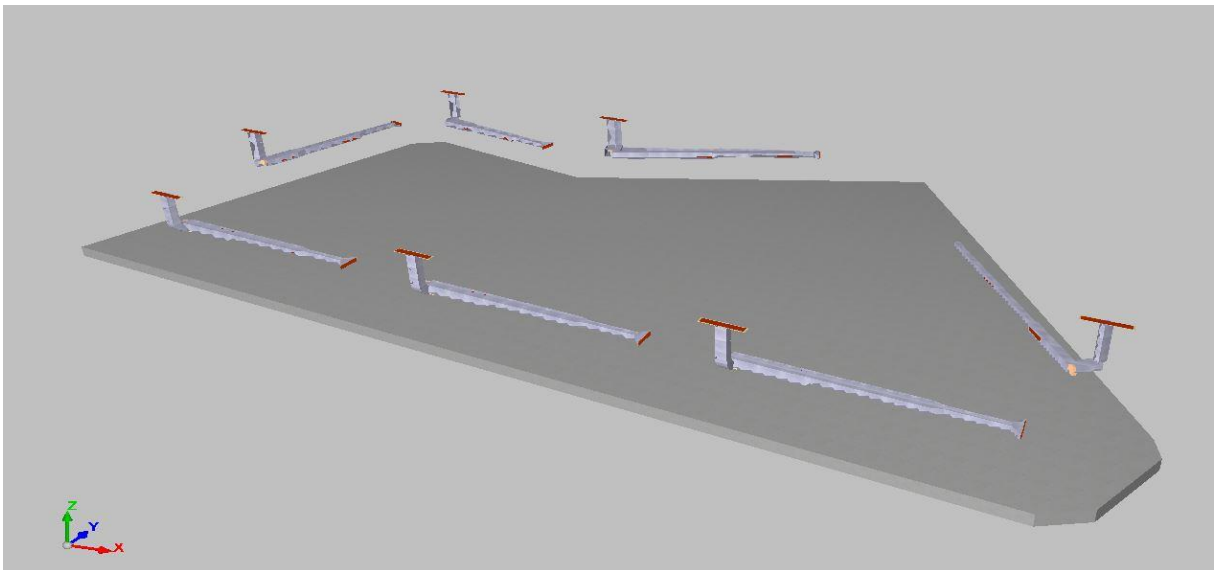
Para cumplir con las exigencias de la normativa de accesibilidad, las dimensiones del ascensor serán de 1100x1400x2200 mm y las puertas exteriores serán automáticas de 900x2000 mm.

#### **8.6.7 VENTILACIÓN**

En base a las exigencias de la normativa del CTE DB HE, los locales bajo cota de rasante deberán estar provistos de ventilación forzada para la impulsión y extracción de los humos tóxicos producidos por los motores de los coches. Por lo tanto, se han proyectado 4 sistemas de ventilación de admisión y 3 sistemas de ventilación de extracción constituidos por sus correspondientes ventiladores helicoidales, rejillas interiores de aluminio, rejillas exteriores de acero galvanizado y conductos verticales y horizontales de chapa galvanizada, de acuerdo con lo dispuesto en el Anejo 9. Ventilación.

Se ha decidido realizar 4 circuitos para admisión de aire y 3 para extracción, para poner reducir los caudales que circulan por dichos conductos, lo que reduce significativamente la sección de los mismos, a fin de invadir el menor espacio vertical posible, respetando en todo caso la altura libre reglamentaria de 2,2 metros exigida por la Ordenanza Municipal de la Edificación.





*Figura 25. Vista 3D de la instalación de ventilación. CypeCad MEP*

## 9 PLAN DE OBRA

El plan de obra pretende dar una referencia sobre la duración de los trabajos a ejecutar en la obra para poder estimar el plazo de construcción total de cara a la futura licitación pública del presente proyecto constructivo, según lo dispuesto en el artículo 124 del Real Decreto Legislativo 2/2000 sobre la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.

Para ello se definirán una serie de actividades representativas del proyecto, a las cuales se dotará de una duración en días para poder representarlos en un diagrama de Gantt donde se podrán apreciar los plazos de cada actividad de forma gráfica recogido en el Anejo 16. Plan de Obra del presente proyecto.

A continuación, se detallan las actividades principales que se llevarán a cabo para la ejecución del “Proyecto de Construcción del Aparcamiento Disuasorio y Plaza Recreativa en el barrio de Rekalde (Bilbao-Bizkaia), entre la calle Gordóniz y la estrada Caleros”.

<b>1</b>	<b>ACTUACIONES PREVIAS</b>	<b>15 días</b>
1.1	Demoliciones	7 días
1.2	Acondicionamiento del Terreno	5 días
1.3	Gestión de Suelos contaminados	15 días
<b>2</b>	<b>CIMENTACIÓN</b>	<b>57 días</b>
2.1	Muros Pantalla	30 días
2.2	Excavación	15 días
2.3	Losa de Cimentación	12 días
<b>3</b>	<b>ESTRUCTURA</b>	<b>50 días</b>
3.1	Estructura Principal	40 días
3.2	Estructura Secundaria	10 días
<b>4</b>	<b>INSTALACIONES</b>	<b>15 días</b>
4.2	Evacuación de Aguas	4 días
4.1	Ventilación	12 días
4.3	Iluminación Interior y Electricidad	15 días
4.4	Protección Contra Incendios	10 días
4.6	Vigilancia y Comunicaciones	5 días
4.7	Transporte	12 días
<b>5</b>	<b>ALBAÑILERÍA</b>	<b>12 días</b>
5.1	Acabados Interiores	12 días
5.2	Carpintería	5 días
<b>6</b>	<b>URBANIZACIÓN</b>	<b>14 días</b>
6.1	Pavimentos	9 días
6.2	Iluminación Exterior	5 días
6.3	Jardinería	4 días
6.4	Mobiliario	5 días
<b>7</b>	<b>GESTIÓN DE RESIDUOS</b>	Todo el proyecto
<b>8</b>	<b>CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS</b>	Todo el proyecto
<b>9</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>	Todo el proyecto

Tabla 3. Plan de Obra

## 10 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

01	ACTUACIONES PREVIAS .....		67.073,60	6,14
01.01	DEMOLICIONES .....	37.864,11		
01.02	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO .....	1.339,85		
01.03	GESTIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS .....	27.869,64		
02	CIMENTACIONES .....		525.686,02	48,13
02.01	MUROS PANTALLA .....	185.710,46		
02.02	VACIADO DE LA EXPLANADA .....	249.675,47		
02.03	LOSA DE CIMENTACIÓN .....	90.300,09		
03	ESTRUCTURA .....		132.725,48	12,15
03.01	ESTRUCTURA PRINCIPAL .....	117.968,53		
03.02	ESTRUCTURA SECUNDARIA .....	14.756,95		
04	INSTALACIONES .....		146.350,93	13,40
04.01	EVACUACIÓN DE AGUAS .....	2.182,34		
04.02	VENTILACIÓN .....	19.974,86		
04.03	ILUMINACIÓN INTERIOR Y ELECTRICIDAD .....	22.589,11		
04.04	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS .....	17.901,81		
04.05	VIGILANCIA Y COMUNICACIÓN .....	4.678,18		
04.06	TRANSPORTE .....	79.024,63		
05	ALBAÑILERÍA .....		11.499,54	1,05
05.01	ACABADOS .....	9.678,27		
05.02	CARPINTERÍA .....	1.821,27		
06	URBANIZACIÓN .....		140.260,15	12,84
06.01	PAVIMENTOS .....	117.055,61		
06.02	ILUMINACIÓN EXTERIOR .....	3.399,84		
06.03	JARDINERÍA .....	5.905,39		
06.04	MOBILIARIO .....	13.899,31		
07	GESTIÓN DE RESIDUOS .....		16.918,44	1,55
08	CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS .....		28.329,25	2,59
09	SEGURIDAD Y SALUD .....		23.477,14	2,15
	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b> .....		<b>1.092.320,55</b>	
	19,00 % Gastos generales .....	207.540,90		
	6,00 % Beneficio industrial .....	65.539,23		
	Suma .....		273.080,13	
	<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA</b> .....		<b>1.365.400,68</b>	
	21% IVA .....		286.734,14	
	<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b> .....		<b>1.652.134,82</b>	

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de UN MILLÓN SEISCIENTOS CINCUENTA Y DOS MIL CIENTO TREINTA Y CUATRO EUROS con OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS

## 11 NORMATIVA

Las principales normas de aplicación para la elaboración del presente proyecto constructivo, dentro de las que existen diversos documentos adjuntos y recomendaciones a seguir, son las siguientes:

- Documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados (OrdenVIV/562/2010 de 1 de Febrero) BOE.
- Promoción de la accesibilidad (Ley 20/1997 de 4 de Diciembre) BOPV.
- Normas técnicas sobre condiciones de accesibilidad de los entornos urbanos, espacios públicos, edificaciones y sistemas de información y comunicación (Decreto 68/2000 de 11 de Abril) BOPV.
- Ordenanzas de diseño de viviendas de protección oficial (Orden de 12 de Febrero de 2009) BOPV.
- Suelo y urbanismo de la CAPV (Ley 2/200 de 30 de Junio).
- Plan General de Ordenación Urbana de Bilbao (PGOUB) (Orden 124/1995 de 29 de Junio) BOB.
- Instrucción de hormigón estructural (EHE-08) (Real Decreto 1247/2008 de 18 de Julio) BOE.
- Código Técnico de la Edificación (Real Decreto 314/2006 de 17 de Marzo) BOE.
- Modificación del Código Técnico de la Edificación en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad (Real Decreto 173/2010 de 19 de Febrero) BOE.
- Modificación de determinados documentos del Código Técnico de la Edificación (Orden VIV/984/2009 de 15 de Abril) BOE.
- Reglamento de valoraciones de la Ley de suelo (Real Decreto 1492/2011 de 24 de Octubre) BOE.
- Prevención y Corrección de la Contaminación del Suelo (Ley 4/2015, de 25 de junio) BOE.

- Residuos y Suelos Contaminados (Ley 22/11, de 28 de julio) BOE.
- Inventario de suelos contaminados que soportan o han soportado actividades o instalaciones potencialmente contaminantes del suelo (Decreto 165/2008 de 30 de Septiembre).
- Requisitos exigibles a las entidades de control de calidad de la edificación y a los laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación, para el ejercicio de su actividad (Real Decreto 410/2010 de 31 de Marzo) BOE.
- Producción y Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (Real Decreto 105/2008 de 1 de Febrero) BOE.
- Residuos y los Reglamentos que la desarrollan (Ley 10/1998 de 21 de Abril) BOE.
- Gestión de residuos de industrias extractivas (Directiva 2006/21/CE de 15 de Marzo).
- Eliminación de residuos mediante depósito en vertedero (Real Decreto 1481/2001 de 27 de Diciembre) BOE.
- Gestión de residuos inertes e inertizados (Decreto 423/1994 de 2 de Noviembre) BOPV.
- Ley de contratos de la administración pública (Real Decreto Legislativo 2/2000 de 16 de Julio) BOE.
- Ley de contratos del sector público (Real Decreto Legislativo 3/2001 de 14 de Noviembre) BOE.
- Reglamento general de la Ley de contratos con la administración pública (Real Decreto 1098/2001 de 12 de Octubre) BOE.
- Control de calidad en la construcción (Decreto 238/1996 de 22 de Octubre) BOPV.
- Disposiciones generales de la acreditación de laboratorios de ensayo para el control de calidad de la edificación (Real Decreto 1230/1989 de 13 de Octubre) BOE.
- Reglamento electrotécnico para baja tensión (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto) BOE.

- Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras (Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero).
- Norma 8.1 – IC Señalización Vertical de la Instrucción de Carreteras (Orden FOM/534/2014, de 20 de marzo).
- Norma 8.2 – IC Señalización Horizontal de la Instrucción de Carreteras (Orden de 16 de julio de 1987).
- Prevención de riesgos laborales (Ley 31 /1995 de 8 de Noviembre) BOE.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción (Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre) BOE.
- Reglamento de los servicios de prevención (Real Decreto 604/2006 de 19 de Mayo) BOE.

## 12 BIBLIOGRAFÍA

### Libros:

- EHE-08 (Instrucción de Hormigón Estructural).
- Losada Rodríguez, R.; Rojí Chandro, E.; Cuadrado Rojo, J.; Larrauri Gil, M.; Orbe Mateo, A. Elementos y tecnologías constructivas en cimentaciones y estructuras de contención para edificación. Bilbao: Publicaciones Escuela Técnica Superior de Ingeniería, 2008.
- Losada Rodríguez, R.; Rojí Chandro, E.; Cuadrado Rojo, J.; Larrauri Gil, M.; Orbe Mateo, A. Fundamentos sobre sistemas y elementos estructurales en edificación. Bilbao: Publicaciones Escuela Técnica Superior de Ingeniería, 2010.
- Calavera, J. Proyecto y cálculo de estructuras de hormigón. Tomo II. Instituto Técnico de Materiales y Construcción, S.A.

### Documentos:

- Plan General de Ordenación Urbana de Bilbao. Ayuntamiento de Bilbao.
- Plan de Movilidad Urbana y Sostenible de Bilbao. Ayuntamiento de Bilbao.
- Memoria municipal de Bilbao. Ayuntamiento de Bilbao.

- Guía de Excavaciones Selectivas en el ámbito de los suelos contaminados. IHOBE.
- Informe Monitor de Oportunidades y Satisfacción en el empleo. ADECCO.

**Enlaces:**

- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO [www.boe.es](http://www.boe.es)
- DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA [www.bizkaia.eus](http://www.bizkaia.eus)
- AYUNTAMIENTO DE BILBAO [www.bilbao.net](http://www.bilbao.net)
- GEOBILBAO [www.geobilbao.net/](http://www.geobilbao.net/)
- OPENDATA [www.opendata.esri.es](http://www.opendata.esri.es)
- IHOBE [www.ihobe.eus](http://www.ihobe.eus)
- EUSTAT [www.eustat.eus](http://www.eustat.eus)
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA [www.ine.es/](http://www.ine.es/)
- INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL [www.ign.es](http://www.ign.es)
- GOOGLE MAPS [www.google.es/maps](http://www.google.es/maps)
- GOOGLE EARTH [www.google.com/intl/es/earth/](http://www.google.com/intl/es/earth/)
- CARRETEROS [www.carreteros.org](http://www.carreteros.org)
- CONSTRUPEDIA [www.construmatica.com](http://www.construmatica.com)
- ADECCO [www.adecco.es](http://www.adecco.es)
- BIBLIOCAD [www.bibliocad.net](http://www.bibliocad.net)
- CÓDIGO TÉCNICO [www.codigotecnico.net](http://www.codigotecnico.net)
- MINISTERIO DE FOMENTO [www.fomento.gob.es](http://www.fomento.gob.es)
- CONTRATISTA ESTADO [www.contratistaestado.com](http://www.contratistaestado.com)
- GENERADOR DE PRECIOS DE CYPE [www.generadordeprecios.info](http://www.generadordeprecios.info)
- TEB CCTV [www.teb-online.com/es/tub-camera.php](http://www.teb-online.com/es/tub-camera.php)

Bilbao, 17 de Julio de 2019



Fdo. PATRICIA ASTORGANO RODERA

Ingeniera Civil



GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 1- SATURACIÓN DE PLAZAS EXISTENTES***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	36
2	FOTOGRAFÍAS.....	37

## 1 INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se mostrarán una serie de fotografías de vehículos aparcados indebidamente en el entorno de la parcela. Esta práctica de aparcar en lugares prohibidos, llevada a cabo por los residentes del barrio, se debe a la saturación de las plazas de aparcamientos existentes en el entorno, hecho que motiva la redacción de este proyecto.

Las fotografías fueron tomadas entre las 14:00 y las 15:00 del Domingo 05 de Mayo de 2019. Cada una de ellas se obtuvo desde las posiciones y con las orientaciones marcadas en el plano que se muestra a continuación.

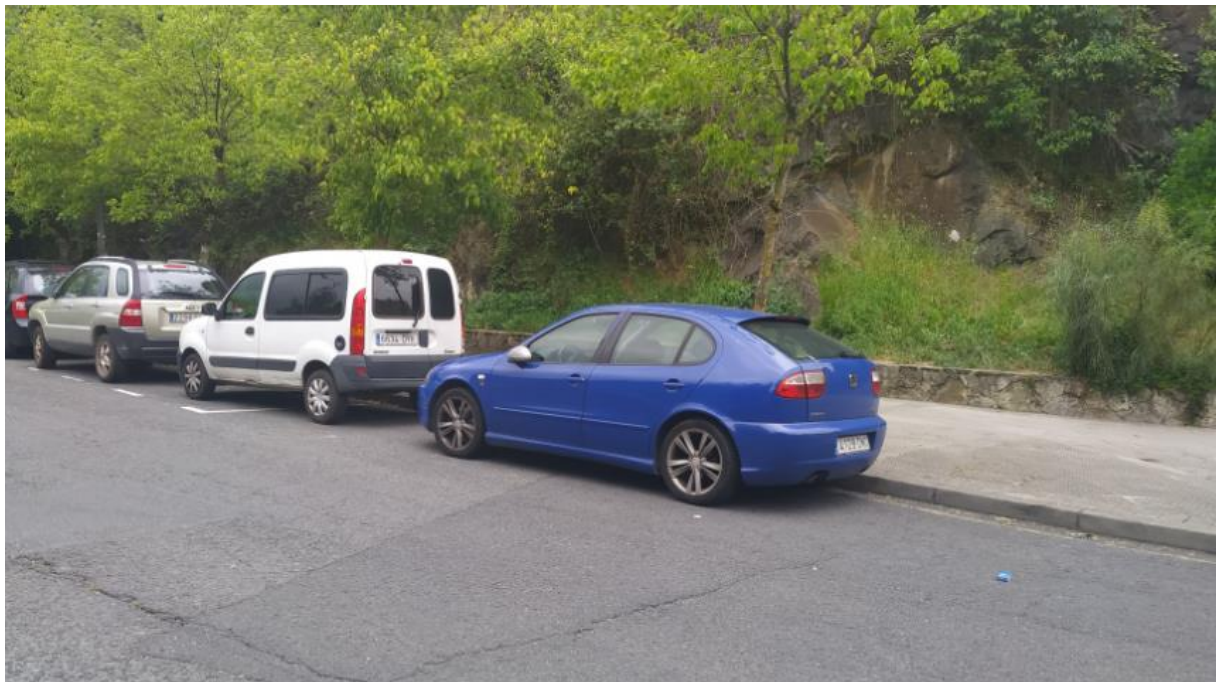


*Figura 1. Plano de posiciones de obturación de las fotografías*

## 2 FOTOGRAFÍAS



*Figura 2. Aparcamiento en línea amarilla (Posición 1)*



*Figura 3. Aparcamiento en línea amarilla (Posición 2)*





*Figura 4. Aparcamiento en zona peatonal (Posición 3)*



*Figura 5. Aparcamiento en zona peatonal (Posición 4)*



Figura 6. Aparcamiento en línea amarilla (Posición 5)

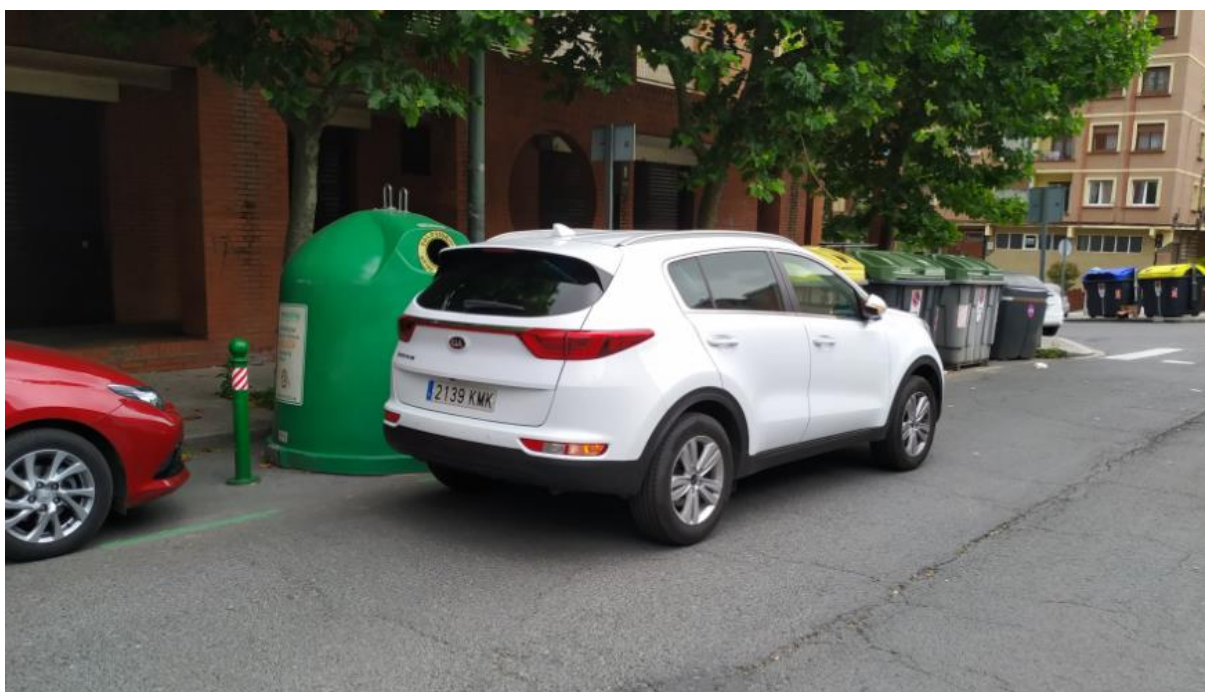


Figura 7. Aparcamiento en doble fila (Posición 6)





*Figura 8. Aparcamiento en vial (Posición 7)*



*Figura 9. Aparcamiento en zona peatonal (Posición 8)*





*Figura 10. Aparcamiento en zona peatonal (Posición 9)*

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 2- EMPLAZAMIENTO***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	42
2	CARACTERÍSTICAS DE LA PARCELA.....	42
3	EMPLAZAMIENTO GEOGRÁFICO DE LA PARCELA .....	43
3.1	ORTOFOTOS DE DETALLE .....	46

## 1 INTRODUCCIÓN

Mediante este anejo se pretende dar una visualización del emplazamiento en el cual se desarrollará el proyecto y explicar sus características.

## 2 CARACTERÍSTICAS DE LA PARCELA

El emplazamiento elegido para desarrollar este proyecto se encuentra en la unidad de ejecución 719.01 del municipio de Bilbao, Bizkaia, País Vasco, España. La parcela en cuestión se encuentra en desuso, por lo que el Ayuntamiento la considera como idónea para para llevar a cabo el presente constructivo.

El plan general de ordenación urbana (PGOU) de Bilbao clasifica esta parcela como Suelo Urbano No Consolidado, motivo por el cual desde el Ayuntamiento se plantea, además de ejecutar un aparcamiento subterráneo en ella, realizar las labores de acondicionamiento de la cubierta donde se ejecutará una plaza recreativa para el disfrute de los vecinos del barrio de Rekalde. Mediante dicha ejecución se persigue además, dotar a la parcela de una nueva clasificación dentro del PGOU como Suelo Urbano Consolidado e integrarla en la clasificación de los suelos adyacentes clasificados como Consolidados.



*Figura 1. Suelo Urbano No Consolidado (GeoEuskadi)*

En lo que al aspecto medioambiental se refiere, al consultar el inventario de suelos que soportan o han soportado actividades o instalaciones potencialmente contaminantes del suelo del Gobierno Vasco, se puede apreciar que el suelo de la parcela a edificar está contaminado, ya que en el pasado soporto actividad industrial.



Figura 2. Suelos contaminados en el emplazamiento (GeoEuskadi)

Por lo que, en base a la normativa aplicable y a las indicaciones de IHOBE, se ha redactado el Anejo 4. Gestión de Suelos Contaminados que recoge las gestiones y trabajos necesarios para una correcta gestión de los suelos contaminados.

### 3 EMPLAZAMIENTO GEOGRÁFICO DE LA PARCELA



Figura 3. Ubicación en España





Figura 4. Ubicación en el País Vasco



Figura 5. Ortofoto general del emplazamiento (Google Earth)



Figura 6. Ortofoto del emplazamiento (Google Earth)



Figura 7. Ortofoto del emplazamiento (Google Earth)



### 3.1 ORTOFOTOS DE DETALLE



Figura 8. Ortofoto del emplazamiento orientación Norte (Google Earth)



Figura 9. Ortofoto del emplazamiento orientación Sur (Google Earth)





*Figura 10. Ortofoto del emplazamiento orientación Este (Google Earth)*



*Figura 11. Ortofoto del emplazamiento orientación Oeste (Google Earth)*

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 3- ESTUDIO GEOTÉCNICO***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	48
1.1	ANTECEDENTES E INFORMACIÓN UTILIZADA .....	49
2	TRABAJOS REALIZADOS.....	49
2.1	SONDEOS MECÁNICOS.....	49
2.2	ENSAYOS STP .....	50
2.3	ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA.....	52
2.4	NIVELES PIEZOMÉTRICOS.....	52
2.5	ENSAYOS DE LABORATORIO .....	52
3	GEOLOGÍA .....	53
3.1	ESTRATIGRAFÍA.....	54
3.2	MATERIALES.....	55
3.2.1	SUSTRATO ROCOSO .....	55
3.2.2	FORMACIONES SUPERFICIALES.....	55
3.3	HIDROGEOLOGÍA.....	55
3.4	SISMICIDAD .....	56
4	GEOTÉCNIA .....	57
4.1	SUELOS.....	57
4.2	SUSTRATO ROCOSO .....	60
5	CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS.....	62
5.1	EXCAVACIONES .....	62
5.2	CIMENTACIÓN .....	63
	APÉNDICES.....	64

## 1 INTRODUCCIÓN

Mediante este anejo se pretende definir el modelo geológico-geotécnico del terreno que se utilizará para la ubicación del proyecto de construcción del aparcamiento subterráneo, situado en el barrio de Rekalde en el municipio de Bilbao.

Para poder llevar a cabo el presente proyecto de la forma más correcta, es necesario definir las características del terreno, ya que este tendrá una gran importancia en el conjunto del diseño de la obra. De este modo, mediante el estudio geológico-geotécnico del entorno será posible prever el comportamiento del suelo desde todos sus aspectos relevantes como es la determinación de la capacidad portante, la composición, la inclinación de taludes, la presencia de nivel freático y el resto de aspectos relevantes. En especial, mediante el presente anejo se podrá definir la capacidad del terreno ante las acciones que se introducirán como consecuencia de la nueva estructura en estudio, de modo que se puedan elegir las actuaciones precisas para garantizar un comportamiento correcto del terreno.

Desde un punto de vista más general, las principales características que deben quedar definidas en este anejo de cara al proyecto son las siguientes:

- Disposición y características de las formaciones superficiales existentes.
- Características del sustrato rocoso.
- Condiciones hidrogeológicas.
- Parámetros geotécnicos que caracterizan el comportamiento de las formaciones superficiales del macizo rocoso.
- Recomendaciones de cimentación.

De esta forma, el anejo geológico geotécnico adquiere una gran importancia en la redacción de cualquier proyecto, ya que en función de las características propias de cada terreno se deberá decidir la adopción de un tipo de sistema constructivo u otro, con especial consideración en caso de la cimentación.

## 1.1 ANTECEDENTES E INFORMACIÓN UTILIZADA

A pesar de la gran importancia de este tipo de informes en la redacción de cualquier proyecto, su realización es demasiado costosa y resulta imposible llevar a cabo un estudio geológico-geotécnico propio de la zona de ubicación del presente proyecto. Por ello, este anejo está basado en un informe real realizado por la empresa IDOM en colaboración con las empresas especializadas GEOTECSON para la realización de los sondeos y GEOTECNIA para los ensayos de laboratorio.

Este informe fue redactado en el año 2009 por la empresa IDOM para la empresa FUNETXEA, y aunque no corresponde exactamente con la zona en la que se ubicará el proyecto, debido a su proximidad y falta de mayores recursos, se ha adoptado este informe como suficiente para determinar las características de este terreno. El objetivo del informe geológico-geotécnico era determinar las características del suelo sobre el que se asienta el Tanatorio de Basurto, situado a 1680 metros del emplazamiento de este proyecto.

## 2 TRABAJOS REALIZADOS

Para garantizar que los datos obtenidos sean lo más representativos posibles, se han llevado a cabo diversos trabajos y ensayos sobre el terreno. Los trabajos realizados por las empresas especializadas para realizar este informe han sido numerosos y muy detallados, lo que asegura un conocimiento detallado de la composición tanto geológica como geotécnica del terreno. Estos ensayos han sido los siguientes:

### 2.1 SONDEOS MECÁNICOS

Estos se realizaron entre los días 23 y 29 de Julio de 2009, y fueron desarrollados por la empresa GEOTECSON. Las extracciones se llevaron a cabo por rotación con extracción de testigo continuo, con diámetros de 113 y 101 mm y coronas de widia y diamante. El total de sondeos realizados ha sido de 4, con una longitud total perforada de 77,15 m.

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	MUESTRAS INALTERADAS-SHELBY Y TESTIGO PARAFINADO	ENSAYOS SPT	MATERIALES
S-1	24,95	4 SHELBY 2 T.P.	6	De 0,00 a 5,50 m Relleno Antrópico. De 5,50 a 19,60 m Suelo Aluvial. De 5,50 a 14,10 m Fangos con abundante materia orgánica. De 14,10 a 17,40 m Arenas fangosas. De 17,40 a 19,60 m Gravas y cantos rodados. De 19,60 a 24,20 m Sustrato Rocoso. De 19,60 a 20,00 m Limolitas calcáreas en G.M. II. De 20,00 a 24,95 m Limolitas calcáreas en G.M. I.
S-2	22,80	2SHELBY 1 T.P.	6	De 0,00 a 4,50 m Relleno Antrópico. De 4,50 a 19,80 m Suelo Aluvial. De 4,50 a 16,40 m Fangos. De 16,40 a 18,00 m Arenas Fangosas. De 18,00 a 19,80 m Gravas y cantos rodados. De 19,80 a 22,80 Sustrato Rocoso. De 19,80 a 20,60 m Limolitas calcáreas en G.M. II. De 20,60 a 22,80 m Limolitas calcáreas en G.M. I.
S-3	21,10	2 SHELBY 1 T.P.	6	De 0,00 a 5,40 m Relleno Antrópico. De 5,40 a 19,50 m Suelo Aluvial. De 5,40 a 15,60 m Fangos. De 15,60 a 16,20 m Arenas Fangosas. De 16,20 a 19,50 m Gravas y cantos rodados. De 19,50 a 25,00 m Sustrato Rocoso. De 19,50 a 20,20 m Limolitas calcáreas en G.M. II-III. De 20,20 a 21,60 m Limolitas calcáreas en G.M. II. De 21,60 a 25,00 m Limolitas calcáreas en G.M. I.
S-4	4,40	-	-	De 0,00 a 4,10 m Relleno Antrópico. De 4,10 a 4,40 m Suelo Aluvial. De 4,10 a 4,40 m Fangos.

Tabla 1. Sondeos

## 2.2 ENSAYOS STP

En los sondeos se han realizado también Ensayos de Penetración Dinámica (SPT) que proporcionarán datos de consistencia y compacidad. La resistencia del suelo a la penetración se mide por el número N de golpes necesarios para hincar el SPT 30 cm. La maza pesa 63,6 kg y se deja caer desde 76,2 cm.



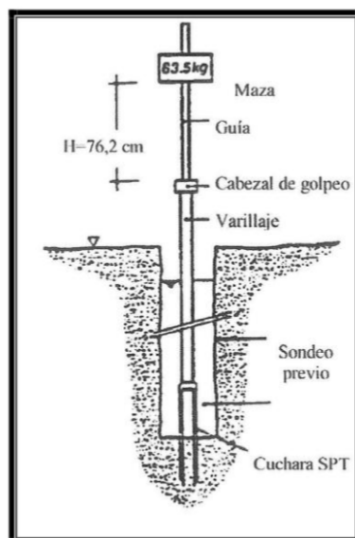


Figura 1. Ensayo STP

Este ensayo ha sido realizado en 3 de los 4 sondeos realizados, con el siguiente resultado:

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	MATERIALES	N (SPT)
S-1	3,00 – 3,24	Relleno Antrópico.	R
	6,10 – 6,70	Limos aluviales.	4
	9,00 – 9,60	Limos aluviales.	3
	12,00 – 12,60	Limos aluviales.	2
	15,00 – 15,60	Arenas fangosas.	2
	18,30 – 18,90	Gravas aluviales.	18
S-2	2,00 – 2,60	Relleno Antrópico.	4
	4,50 – 5,10	Limos aluviales.	6
	6,90 – 7,50	Limos aluviales.	6
	9,90 – 10,50	Limos aluviales.	2
	14,00 – 14,60	Limos aluviales.	2
	17,00 – 17,60	Arenas fangosas.	3
S-3	2,00 – 2,60	Relleno Antrópico	31
	5,40 – 6,00	Limos aluviales.	3
	8,00 – 8,60	Limos aluviales.	2
	11,00 – 11,60	Limos aluviales.	2
	14,00 – 14,60	Limos aluviales.	2
	17,00 – 17,60	Gravas y cantos rodados.	5

Tabla 2. Ensayos STP

## 2.3 ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA

En total fueron realizados 3 ensayos de penetración dinámica tipo DPSH. Este ensayo consiste en hincar una punta cuadrada con un tren de varillas de 32 mm de diámetro exterior con una maza de 63,5 kg desde una altura de 75 cm, anotando el número de golpes N20 necesarios para introducir la punta 20 cm. La relación empleada para determinar la capacidad portante será de

$$NSPT = N20 \times 1,4$$

## 2.4 NIVELES PIEZOMÉTRICOS

Las alturas del nivel freático observadas en los ensayos son las siguientes, con sus respectivas variaciones a lo largo del día:

SONDEO	Profundidad nivel de agua (m)		
	31/08/09 (10:30h)	23/09/09 (9:30 h)	30/09/09 (15:45 h)
<b>S-1</b>	9,30m	8,40m	8,50m
<b>S-2</b>	8,80m	8,25m	8,95m
<b>S-3</b>	9,90m	9,25m	9,50m

*Tabla 3. Altura del nivel freático*

## 2.5 ENSAYOS DE LABORATORIO

Mediante las muestras de suelo extraídas se han podido realizar los siguientes ensayos de laboratorio:

- Granulometría Límites de Atterberg.
- Humedad Densidad.
- Compresión simple.
- Contenido en sulfatos.
- Contenido en materia orgánica.
- Contenido en carbonatos.

Identificación de la muestra			Humedad y densidad			Granulometría			Límites de Atterberg			Compresión simple		Parámetros Químicos		
Origen	Cotas	Tipo	Humedad (%)	v seca (g/cm <sup>3</sup> )	v aparente (g/cm <sup>3</sup> )	% Grava (> 2mm)	% Arena (2-0,08 mm)	% Finos (<0,08 mm)	Lw	Lp	Ip	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	% Deformación	Sulfatos (mg/Kg)	Carbonatos (%)	M.O (%)
S-1	10,50 – 11,10	SH	37,21	1,31	1,80	0,20	41,70	58,10	NO PLÁSTICO					351,90		3,16
	15,50 – 16,10	SH	24,70	1,45	1,80	0,25	87,88	11,87	NO PLÁSTICO					232,10		2,78
S-2	6,30 – 6,90	SH	46,57	1,17	1,72	1,19	1,54	97,27	39,60	24,90	14,70	0,78	13,29	572,40	39,20	4,30
S-3	8,60 – 9,20	SH	42,51	1,19	1,70	2,14	17,78	84,36	48,60	30,30	18,30	0,19	14,65	60,20	10,04	2,32

Tabla 4. Características Suelos

Mientras que de las muestras de roca se han realizado los siguientes ensayos:

- Ensayo de compresión simple en roca.
- Ensayo de compresión simple en roca con medidas de deformación.

Identificación de la muestra			Compresión simple		
Origen	Cotas	Tipo	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Young (GPa)	Coefficiente de Poisson
S-2	20,60–20,90	TP	140,00		
S-3	19,40-19,80	TP	86,00	13,73	0,40

Tabla 5. Características Rocas

### 3 GEOLOGÍA

La zona geológica que compone la parcela estudiada se encuentra en la región conocida como cuenca Vasco-Cantábrica, que se trata de una cuenca muy amplia que se extiende entre los Pirineos y el macizo Asturiano. Dentro de esta región, la zona considerada se encuentra en el dominio del Arco Vasco, y más concretamente en el Anticlinorio de Bilbao.

Los materiales que se encuentran en esta región pertenecen a diferentes edades, por una parte, las rocas que son del Cretácico Inferior (Albiense Inferior) y por otra parte los diferentes tipos de suelos del Cuaternario.

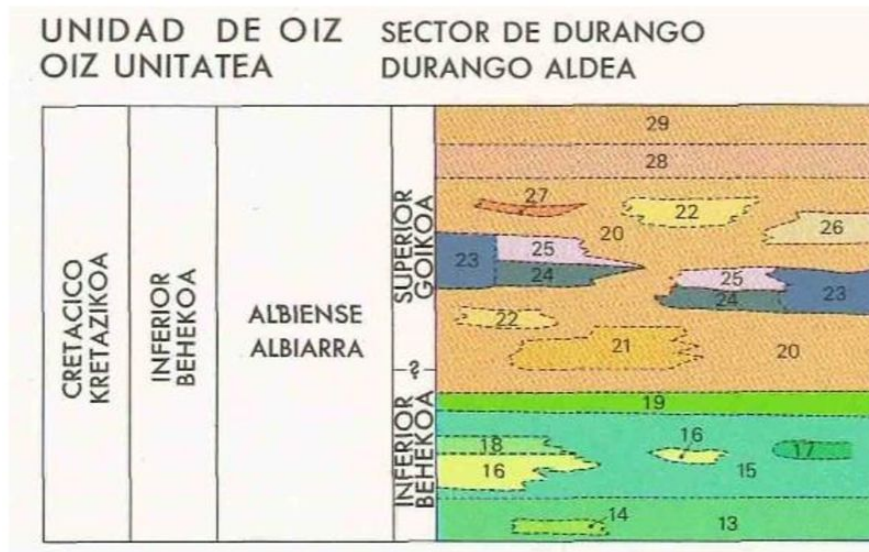


Figura 2. Cortes de Suelos

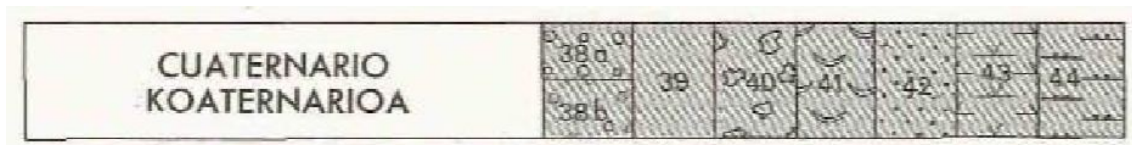


Figura 3. Corte de Rocas

C. URGONIANO K. URGONDARRA	19	Margas, areniscas y limolitas. "Slumps." Margak, harearriak eta limolitak. "Slumpak"	44	Depósitos antropogénicos Metaketa antropogenikoak
	18	Alternancia de margas arenosas y calcarenitas arenosas Marga hareatsu eta kalkarenita hareatsuen txandaketa	43	Fangos estuarinos Estuario giroko lohiak
	17	Parabrechas calcáreas en matriz margosa. Margocalizas Margozko matrizeko parabretxa karetsuak. Margakarariak	42	Playas Handartzak
	16	Calcarenitas y margas Kalkarenitak eta margak	41	Dunas Dunak
	15	Margas y margocalizas (calcarenitas y parabrechas calcáreas) Margak eta margakarariak (kalkarenitak eta parabretxa karetsuak)	40	Depósitos coluviales Metaketa kolubialak
	14	Margas y calizas nodulosas Margak eta kararri nodulotsuak	39	Depósitos aluviales Metaketa alubialak
	13	Lutitas (limolitas) calcáreas, con pasadas areniscosas Lutita (limolitak) karetsuak harearritzko tarteketaz	38	Terraza fluvial Ibai-terrazak
				actual gaurkoak antigua zaharrak

Figura 4. Características de los cortes

### 3.1 ESTRATIGRAFÍA

En la zona de estudio del emplazamiento del proyecto se han definido dos tipos de materiales:

- Rocas de la edad Cretácico Inferior (Albiense Inferior).
- Suelos Cuaternarios.

Los materiales rocosos corresponden a un tramo litológico perteneciente a la unidad de Durango. Este tramo corresponde a lutitas calcáreas con pasadas arenosas.

Los suelos son básicamente de 2 tipos:

- Suelos de origen antrópico o rellenos.
- Suelos aluviales.

### **3.2 MATERIALES**

La sucesión sedimentaria formada por los materiales es la siguiente:

#### **3.2.1 SUSTRATO ROCOSO**

Lutitas calcáreas. Se trata fundamentalmente de limolitas calcáreas de color gris, más o menos arenosas con fracturas rugosas y de aspecto masivo.

#### **3.2.2 FORMACIONES SUPERFICIALES**

Sobre el sustrato rocoso se disponen los depósitos cuaternarios formados por un nivel de rellenos antrópicos y otro de suelos de origen aluvial.

- Rellenos antrópicos: Se agrupan aquí los materiales que tienen en común haberse generado por la actividad humana. Se corresponde con un nivel de gravas de naturaleza heterogénea y heterométrica envueltas en una matriz de arcillas, limos y arenas, y otro nivel de naturaleza calcárea.
- Depósitos aluviales: Aparecen generalmente asociados a la ría y representan una antigua zona de inundación. Se pueden diferenciar 3 niveles: el superior formado por limos grises con restos de materia orgánica, el intermedio formado por arenas y arenas gruesas y el inferior formado por gravas redondeadas.

### **3.3 HIDROGEOLOGÍA**

Desde el punto de vista hidrogeológico, se pueden diferenciar los materiales rocosos de los recubrimientos cuaternarios.

En relación con la permeabilidad, los suelos cuaternarios de depósitos antrópicos son permeables, mientras que la permeabilidad de los suelos aluviales es muy baja debido al predominio de la fracción fina.

Respecto al sustrato rocoso, las lutitas calcáreas son de baja permeabilidad intergranular, presentando permeabilidad secundaria por fracturación.

### 3.4 SISMICIDAD

De acuerdo con la Norma Sismorresistente, la aceleración sísmica básica en el área de estudio es menor de 0,04g siendo g la aceleración de la gravedad. Considerando el edificio como de importancia normal ( $\rho=1$ ), la aceleración de cálculo, producto de la aceleración básica y el coeficiente de riesgo, es menor de 0,04g, por lo que no es preciso considerar los posibles efectos de un seísmo.

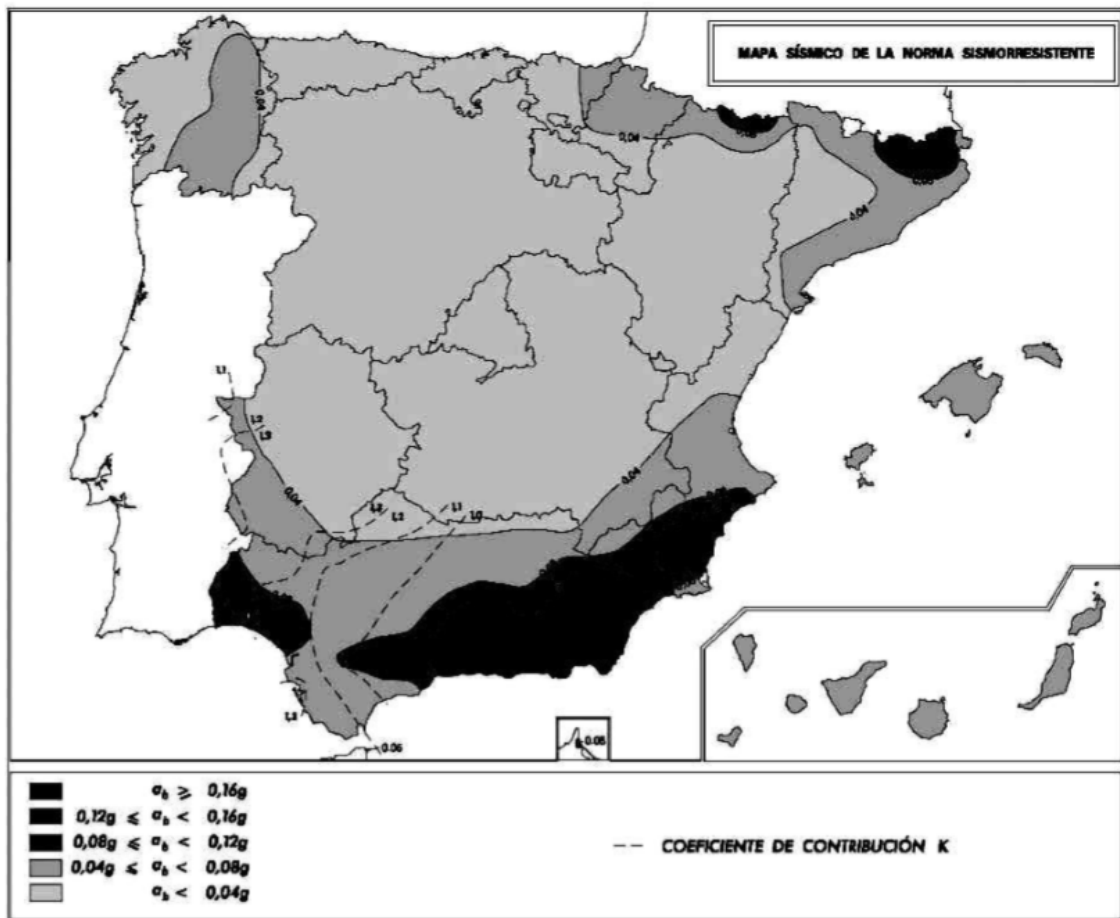


Figura 5. Mapa de sismicidad

## 4 GEOTÉCNIA

En este apartado se definirán los espesores y características de cada uno de los niveles que forman el terreno, indicando así mismo los parámetros geotécnicos de cada nivel. Estos valores se determinarán en función de los diversos ensayos de campo y de laboratorio realizados sobre las distintas muestras de terreno obtenidas.

### 4.1 SUELOS

Los suelos que se verán afectados por la obra tienen dos orígenes claramente diferenciados: rellenos antropogénicos y depósitos aluviales.

A continuación, se describen las características principales de los materiales, siguiendo la disposición natural del terreno, de arriba hacia abajo.

- **Nivel 1. Rellenos**

Corresponden a un nivel de gravas englobadas en una matriz de arcillas, limos y arenas, y un nivel de bolos de naturaleza calcárea. Son materiales permeables con un valor medio de  $10^{-2}$  cm/s.

El valor de golpes N del SPT presenta un valor altamente variable (entre 4 y 31), lo que indica la naturaleza heterogénea del relleno, correspondiendo a una consistencia entre blanda y dura.

Los parámetros característicos sobre la base de comparación con materiales similares son:

- Densidad aparente 1,7 t/m<sup>3</sup>
- Cohesión 0,0 t/m<sup>3</sup>
- Ángulo de rozamiento interno 30°

El espesor medio de esta capa es de 5,00 m.

- **Nivel 2. Depósitos aluviales.**

Este nivel se encuentra en forma continua en toda el área de estudio, con una profundidad máxima de 15,30 m en el sondeo S2. Se aprecia una granoclasificación con las gravas en la base del aluvial y granos finos en la parte superior.



○ Subnivel 2.1. Limo gris oscuro.

Tiene un espesor variable con un máximo de 11,90 m en el sondeo S2 y un mínimo en el sondeo S1 con 8,70 m. De trata de un acuicledo con permeabilidad muy baja con  $10^{-7}$  cm/s.

En el ensayo SPT se ha obtenido un valor de N que varía entre 1 y 6 golpes, por lo que se trata de un suelo cohesivo con una consistencia desde muy blanda a media. Según los ensayos de laboratorio realizados, se trata de suelo de grano fino de limos inorgánicos y arenas muy finas, arenas finas limosas o arcillosas con ligera plasticidad (ML), limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad (OL) y algún tramo de arenas limosas, mezcla de arena fina y limos (SM).

Los parámetros característicos son:

➤ Humedad	42,09%
➤ Índice de plasticidad	16,50%
➤ Límite líquido	44,10%
➤ Porcentaje de finos	79,29%
➤ Densidad aparente	1,75 g/cm <sup>3</sup>
➤ Contenido en materia orgánica	3,26%
➤ Contenido en sulfato	328,12 mg de ion sulfato/kg
➤ Resistencia a compresión simple	0,58 kg/cm <sup>2</sup>
➤ Cohesión	1,5 t/m <sup>2</sup>
➤ Ángulo de rozamiento interno	17°
➤ Módulo de balasto	17 MN/m <sup>3</sup>
➤ Módulo de deformación	3000 KPa
➤ Coeficiente de Poisson	0,3

○ Subnivel 2.2. Arenas y arenas gruesas.

Este estrato está constituido principalmente por arenas y arenas gruesas, de naturaleza cuarcítica y areniscosa. El espesor de este subnivel es de unos 2,50m. Se puede clasificar este suelo como mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos entre ellos (GP).

En los ensayos SPT se ha obtenido un valor N entre 20 y 29 golpes, por lo que el grado de compacidad sería de medianamente denso.

La permeabilidad adquiere un valor de 10<sup>-3</sup> cm/s, por lo que se trata de un acuífero entre regular y bueno. Los parámetros característicos son:

- Humedad 42,09%
- Índice de plasticidad 16,50%
- Límite líquido 44,10%
- Porcentaje de finos 79,29%
- Densidad aparente 1,75 g/cm<sup>3</sup>
- Contenido en materia orgánica 3,26%
- Contenido en sulfato 328,12 mg de ion sulfato/kg
- Resistencia a compresión simple 0,62 kg/cm<sup>2</sup>
- Cohesión 1,20 t/m<sup>2</sup>
- Ángulo de rozamiento interno 29°
- Módulo balasto 50 MN/m<sup>3</sup>
- Módulo de deformación 3000 KPa •
- Coeficiente de Poisson 0,3

○ Subnivel 2.3. Gravas arenosas.

Este subnivel está formado principalmente por gravas semiredondeadas de origen cuarcítico y arenoso, y su espesor varía entre los 1,80 y los 2,00 m. Este suelo se clasifica como gravas mal graduadas, gravas limosas con arena y limos (GM). En los ensayos SPT se ha obtenido un valor N entre 24 y 50 golpes, por lo que el grado de compacidad sería denso.

Los parámetros que definen este subnivel son:

- Humedad 42,09%
- Índice de plasticidad 16,50%
- Límite líquido 44,10%
- Porcentaje de finos 79,29%
- Densidad aparente 1,75 g/cm<sup>3</sup>

- Contenido en materia orgánica 3,26%
- Contenido en sulfato 328,12 mg de ion sulfato/kg
- Resistencia a compresión simple 0,85 kg/cm<sup>2</sup>
- Cohesión 0,25 t/m<sup>2</sup>
- Ángulo de rozamiento interno 35°
- Módulo balasto 120 MN/m<sup>3</sup>
- Módulo de deformación 3000 KPa •
- Coeficiente de Poisson 0,3

#### 4.2 SUSTRATO ROCOSO

El sustrato rocoso está formado por lutitas y/o limolitas calcáreas con pasadas de areniscas de la edad del Cretácico Inferior.

Los criterios utilizados para la clasificación del sustrato rocoso se establecen en definir el grado de meteorización y la dureza de campo, según los siguientes parámetros:

Para el caso de la meteorización, se utiliza la clasificación de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas.

TERMINO	DESCRIPCION	SIMBOLOS
SANA	- No hay señales visibles de meteorización en la roca matriz. Tal vez una ligera decoloración superficial en las discontinuidades principales.	I
LIGERAMENTE METEORIZADA	- La decoloración indica la meteorización de la roca matriz y de las superficies de discontinuidad. Toda la roca matriz puede estar decolorada por meteorización y puede ser algo más débil que en su estado sano.	II
MODERADAMENTE METEORIZADA	- Menos de la mitad del material de la roca matriz está descompuesto y/o desintegrado en forma de suelo. La roca sana o la decolorada se presenta, ya sea como estructura o como núcleos más competentes.	III
ALTAMENTE METEORIZADA	- Más de la mitad del material de la roca matriz está descompuesto y/o desintegrado en forma de suelo. La roca sana o la decolorada se presenta, ya sea como estructura discontinua o como núcleos más competentes.	IV
COMPLETAMENTE METEORIZADA	- Todo el material de la roca matriz está descompuesto y/o desintegrado en forma de suelo. La estructura original del macizo está todavía fundamentalmente intacta.	V

Tabla 6. Clasificación de Rocas según meteorización.

Y del mismo modo para la dureza.

GRADO	DESIGNACION	RESISTENCIA A COMPRESION (MPa)	ESTIMACION DE LA DUREZA EN CAMPO
R-0	Extremadamente blanda	0,25 - 2,00	- Se raya con la uña
R-1	Muy blanda	1,00 - 5,00	- Se desmenuza con golpes firmes de la punta del martillo y puede rasparse con la navaja
R-2	Blanda	5,00 - 25,00	- Se raya con dificultad con la navaja, pudiéndose hacer hendiduras superficiales al golpear firmemente con la punta del martillo.
R-3	Dureza media	25,00 - 50,00	- No puede rasparse con la navaja, pero puede romperse con un solo golpe de martillo.
R-4	Dura	50,00 - 100,00	- Se necesitan muchos golpes del martillo para romperla.
R-5	Muy dura	100,00 - 250,00	- Se necesitan muchos golpes del martillo para romperla.
R-6	Extremadamente dura	≥ 250	- Únicamente se desconcha al golpearla con el martillo.

Tabla 7. Dureza de Rocas

Para determinar la calidad de la roca, el parámetro a utilizar será el índice de calidad RQD (Rock Quality Designation) que se basa en el número de fracturas y grado de alteración del macizo rocoso en función de las muestras extraídas de los sondeos realizados. Las rocas se clasifican en cinco tipos:

R.Q.D. %	CALIDAD DE ROCA
90 – 100	Excelente
75 – 90	Buena
50 – 75	Media
25 – 50	Mala
0 – 25	Muy mala

Tabla 8. Clasificación RQD

De este modo, en los diferentes sondeos se obtienen los siguientes valores:

- S1: Un primer nivel de roca de 0,4 m de calidad muy mala con un valor de RQD ente el 0 y el 10%. A continuación, un segundo nivel de los 20,00 a los 21,00 m de roca de mala calidad con un índice RQD del 45%. Posteriormente de los 21,00 a los 22,00 una roca de calidad buena con un valor de RQD del 80%, y finalmente desde los 22,00 hasta el final del sondeo roca de calidad media con un valor RQD entre el 45 y 65%.
- S2: A una profundidad desde 19,20 a 20,20 m existe un nivel de roca de calidad media con índice RQD de 65%. A continuación, desde los 20,20 m hasta el final del sondeo existe roca de calidad buena con calores de RQD entre el 80 y 85%.
- S3: Se tiene en este caso un primer nivel de roca de calidad muy mala que varía desde los 18,00 hasta los 19,00 m, con un valor RQD cercano al 0%. De los 19,00 a los 20,00 m la calidad de la roca es media con un RQD del 50%, y finalmente existe desde los 20,00 hasta los 21,20 m una roca de calidad excelente con un índice RQD del 100%.
- Por tanto, se puede establecer que el estrato rocoso posee un primer espesor cuyo valor varía entre los 0,50 y 1,00 m de calidad muy mala, y a mayor profundidad, existe una roca de calidad buena. Mediante los ensayos de laboratorio se ha obtenido un valor de resistencia a compresión simple de 11,07 MPa, correspondiente a una roca de resistencia blanda. Así mismo, se ha obtenido un módulo de Young de 136 MPa y un coeficiente de Poisson de 0,4. En relación a la permeabilidad, el valor estimado es de  $10^{-5}$  cm/s.

## 5 CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

### 5.1 EXCAVACIONES

En cuanto a la formación de taludes de desmonte, se mantienen estables hasta profundidades de 1,5 m con pendientes próximas a la vertical siempre que no se vea afectado por el nivel freático. Para mayores profundidades, el talud recomendado es de 2H:3V. Por otro lado, respecto a los materiales excavados, sólo serán susceptibles de reutilización los rellenos antrópicos, permitiéndose un talud de terraplén de 1H:1V.

## 5.2 CIMENTACIÓN

La estructura que plantea el presente proyecto corresponde con un aparcamiento subterráneo de una planta donde la excavación del terreno se producirá hasta una profundidad de unos 3,5 metros. Debido a la baja capacidad portante del terreno, y al encontrarse la roca muy alejada, a 20 metros bajo la cota de rasante, se plantea una cimentación profunda mediante la ejecución de muros pantalla para la contención del terreno circundante, los cuales serán definidos en el Anejo 7. Estructura Principal.

Mencionar que para asegurar la estabilidad del terreno durante los trabajos de ejecución del muro pantalla, se prevé la utilización de lodos tixotrópicos.



## APÉNDICES

Ejemplo del sondeo S1

# ANEJO 3: ESTUDIO GEOTÉCNICO



- Caja 3 de 10. De 4.903 a 8.10 m.



- Caja 4 de 10. De 8.10 a 11.10 m

## SONDEO S-1



- Caja 1 de 10. De 0.00 a 2.40 m.



- Caja 2 de 10. De 2.40 a 4.90 m.

# ANEJO 3: ESTUDIO GEOTÉCNICO




- Caja 10 de 10. De 24,20 a 24,95 m

**SONDEO S-1**



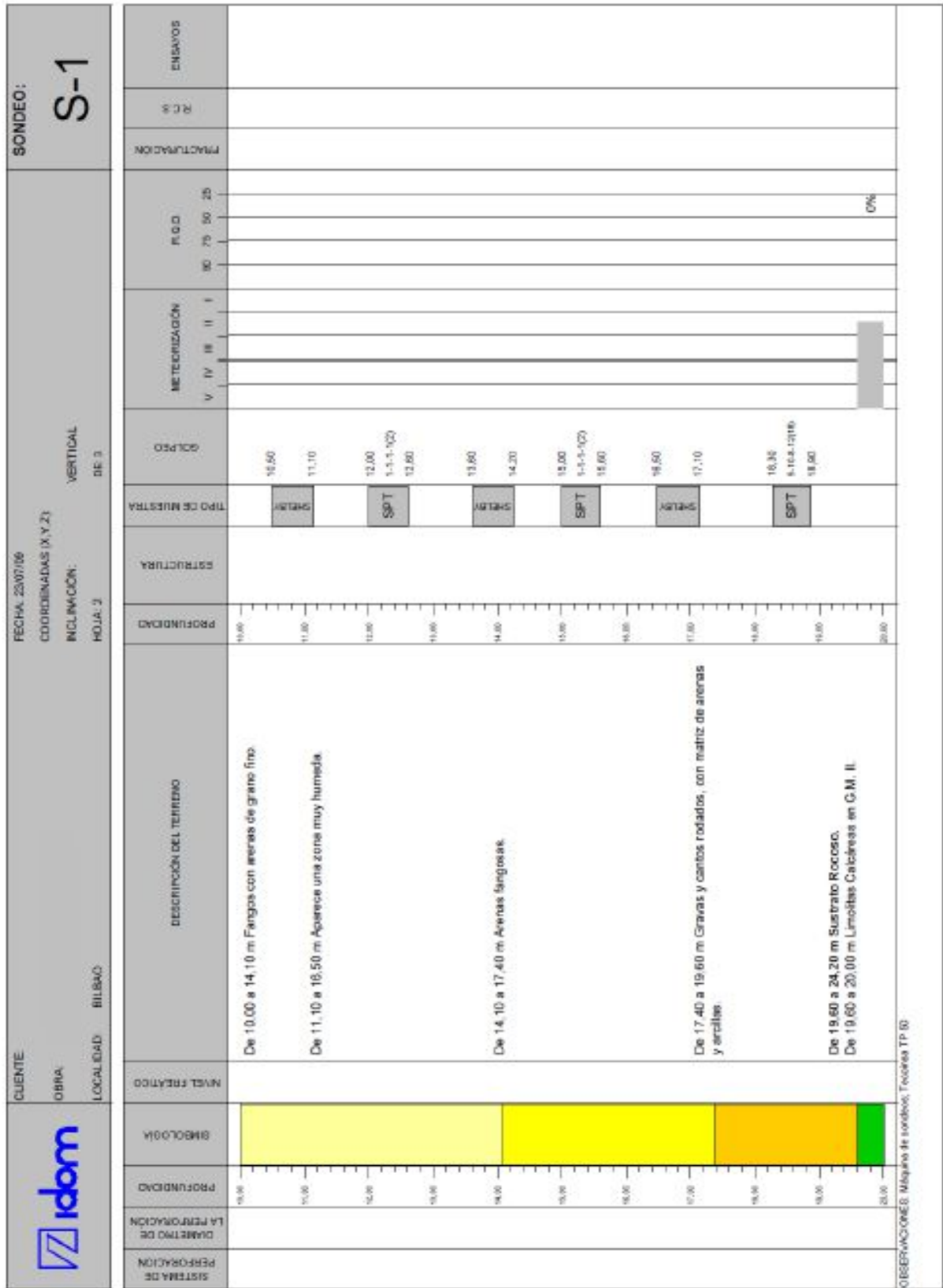
- Caja 9 de 10. De 22,10 a 24,20 m

# ANEJO 3: ESTUDIO GEOTÉCNICO

		CLIENTE OBRA LOCALIDAD: BILBAO		FECHA: 23/07/09 COORDENADAS (X, Y, Z): INCLINACIÓN: HOGA: 1		VERTICAL DE 3		SONDEO: S-1					
SISTEMA DE PERFORACIÓN	DIÁMETRO DE LA PERFORACIÓN	PROFUNDIDAD	SMBOTOLAJA	NIVEL FREÁTICO	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	PROFUNDIDAD	TIPO DE MUESTRA	GRUPO	METROLOGÍA	R.O.D.	FRAGMENTACIÓN	S.C.R.	ENSAYOS
		0.00			De 0.00 a 5.56 m Relleno Antropico.	0.00							
		1.00			De 0.00 a 0.10 m Homogén.								
		2.00			De 0.10 a 1.20 m Gravas con matriz de arenas y arcillas.								
		3.00			De 1.20 a 3.24 m Gravas y bolos de naturaleza calcárea.								
		4.00											
		5.00			De 3.24 a 5.56 m Gravas, cantos rodados y lapilli con matriz arcillosa	5.00	SPT	10R14					
		6.00											
		7.00											
		8.00			De 5.56 a 19.60 m Suelo aluvial.	8.00	SPT	1-2-3-34					
		9.00			De 5.50 a 10.00 m Terraza fluvial compuesta por fangos con abundante materia orgánica, color oscuro								
		10.00											
		11.00											
		12.00											
		13.00											
		14.00											
		15.00											
		16.00											
		17.00											
		18.00											
		19.00											
		20.00											
		21.00											
		22.00											
		23.00											
		24.00											
		25.00											
		26.00											
		27.00											
		28.00											
		29.00											
		30.00											
		31.00											
		32.00											
		33.00											
		34.00											
		35.00											
		36.00											
		37.00											
		38.00											
		39.00											
		40.00											
		41.00											
		42.00											
		43.00											
		44.00											
		45.00											
		46.00											
		47.00											
		48.00											
		49.00											
		50.00											
		51.00											
		52.00											
		53.00											
		54.00											
		55.00											
		56.00											
		57.00											
		58.00											
		59.00											
		60.00											
		61.00											
		62.00											
		63.00											
		64.00											
		65.00											
		66.00											
		67.00											
		68.00											
		69.00											
		70.00											
		71.00											
		72.00											
		73.00											
		74.00											
		75.00											
		76.00											
		77.00											
		78.00											
		79.00											
		80.00											
		81.00											
		82.00											
		83.00											
		84.00											
		85.00											
		86.00											
		87.00											
		88.00											
		89.00											
		90.00											
		91.00											
		92.00											
		93.00											
		94.00											
		95.00											
		96.00											
		97.00											
		98.00											
		99.00											
		100.00											

OBSERVACIONES: Muestra de sondaje Terceira TP 50

# ANEJO 3: ESTUDIO GEOTÉCNICO



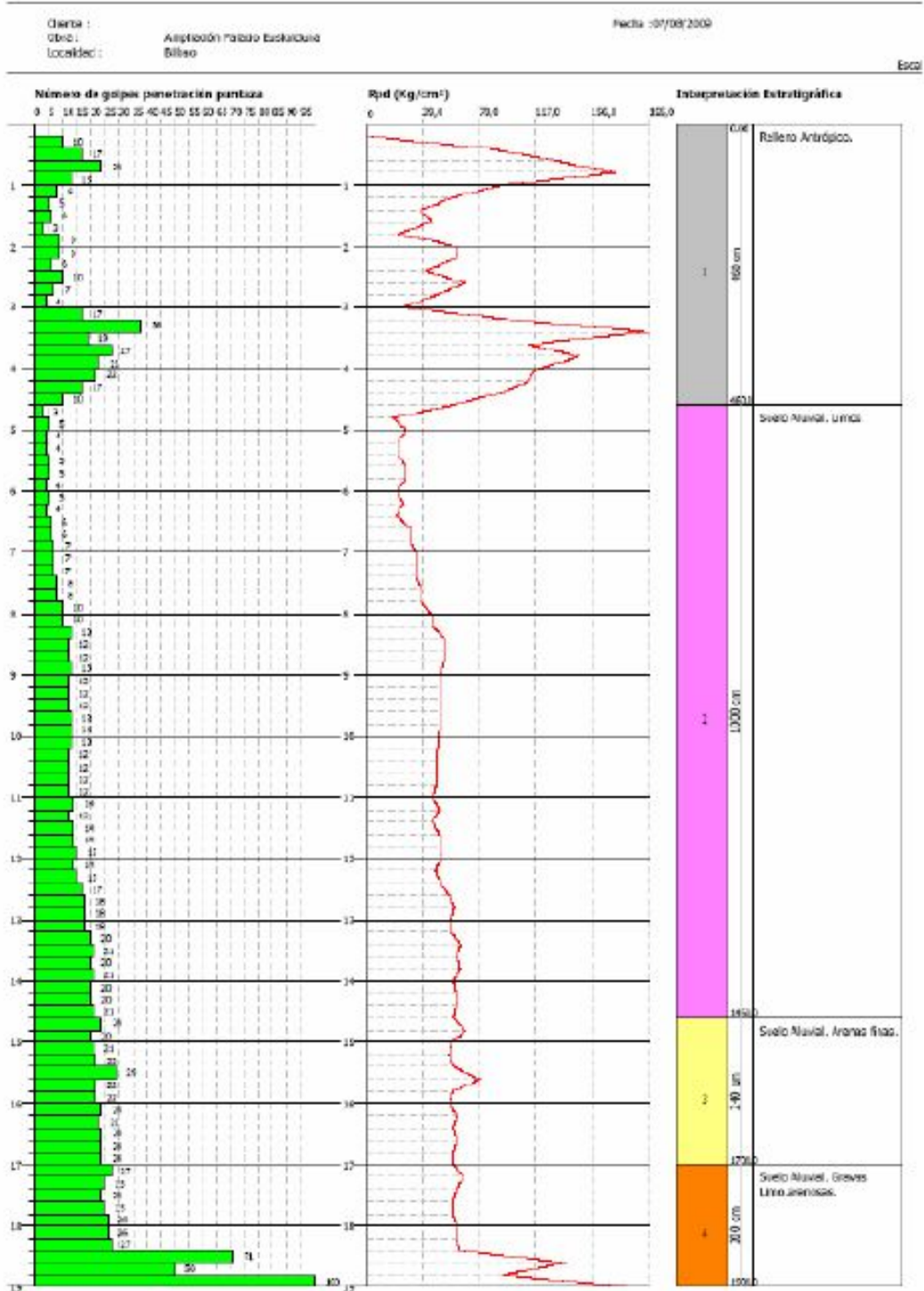




# ANEJO 3: ESTUDIO GEOTÉCNICO

Ejemplo de ensayo de penetrómetro dinámico P-1.

**ENSAYO PENETROMÉTRICO DINÁMICO P-1**  
 Equipo utilizado... DPHS (Dynamic Probing Super Heavy)  
**DIAGRAMA NUMERO DE GOLPES PUNTAZA-Rpd**



# ANEJO 3: ESTUDIO GEOTÉCNICO

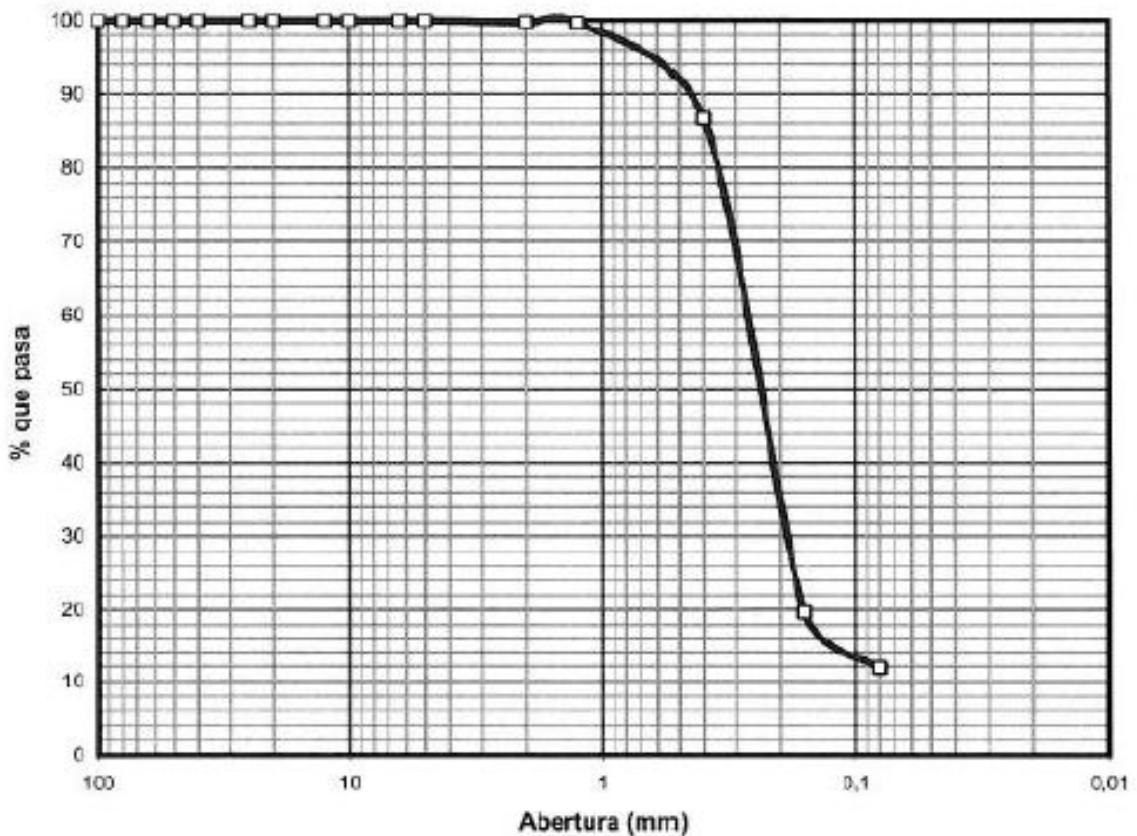
Ejemplo de granulometría

<b>GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO</b> (UNE 103.101)	
	<b>CLIENTE:</b> IGEA CONSULTORIA Y LABORATORIO, S.L.L.
	<b>TRABAJO:</b>
	<b>INDICATIVO:</b> 09512 <b>LABORANTE:</b> Elena Buitrago
	<b>MUESTRA:</b> S-1 5H 16,50-18,10 <b>FECHA:</b> 11/06/09 <span style="float: right;">Hoja 1 de 1</span>

Humedad higroscópica	
T+S+A (g):	0
T+S (g):	0,00
T (g):	0,00
A (g):	0,00
S (g):	0,00
Humedad (%):	0,00

Tamiz (mm)	Ret. Par Acum (g)	Ret. Tot. Acum (g)	Pasa (real) (g)	Pasa (tot) (%)	Observaciones
100			72,56	100,00	
80			72,56	100,00	
63			72,56	100,00	
50			72,56	100,00	
40			72,56	100,00	
25			72,56	100,00	
20			72,56	100,00	
12,5		0,00	72,56	100,00	
10		0,00	72,56	100,00	
6,3		0,00	72,56	100,00	
5		0,00	72,56	100,00	
2	0,18	0,18	72,38	99,75	
1,25	0,07	0,25	72,31	99,66	
0,4	9,47	9,65	62,91	86,70	
0,16	58,10	58,28	14,28	19,68	
0,08	63,77	63,96	8,61	11,87	

Representación gráfica

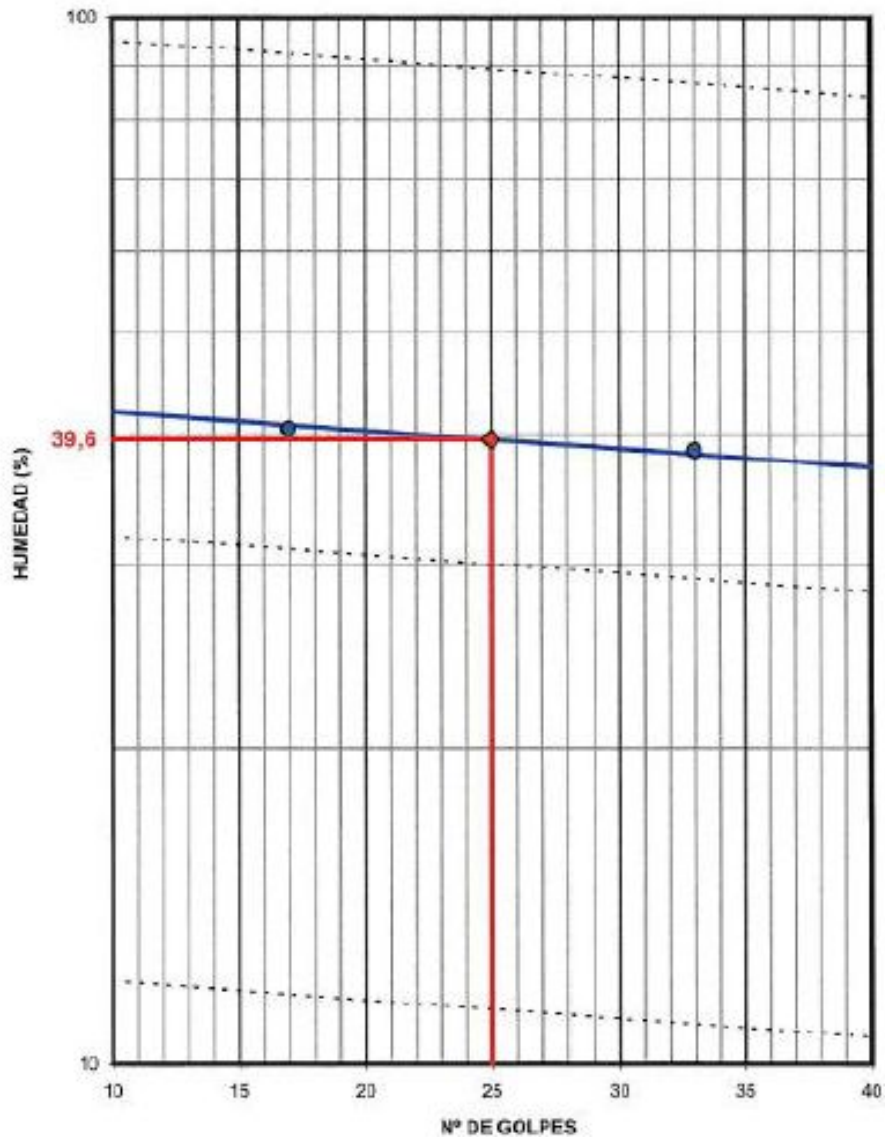


# ANEJO 3: ESTUDIO GEOTÉCNICO

Ejemplo cálculo límite líquido

L. Líquido		Ens. 1	Ens. 2	L. Plástico		Ens. 1	Ens. 2	Media	Resultados	
Nº de golpes:		33	17	T+S+A (g):		28,90	30,62		<b>LL:</b>	<b>39,6</b>
T+S+A (g):		24,80	24,51	T+S (g):		26,52	26,15		<b>LP:</b>	<b>24,9</b>
T+S (g):		20,47	19,75	T (g):		16,99	16,19		<b>IP:</b>	<b>14,7</b>
T (g):		9,25	8,00	A (g):		2,36	2,47			
A (g):		4,33	4,76	S (g):		9,53	9,96			
S (g):		11,22	11,75	Humedad (%):		24,97	24,80	<b>24,89</b>		
Humedad (%):		38,50	40,51							

Representación gráfica






Ejemplo ensayo de compresión simple

### COMPRESIÓN SIMPLE


(Norma UNE-103.400)



CEPASA  
INGENIEROS GEOTÉCNICOS S.A.

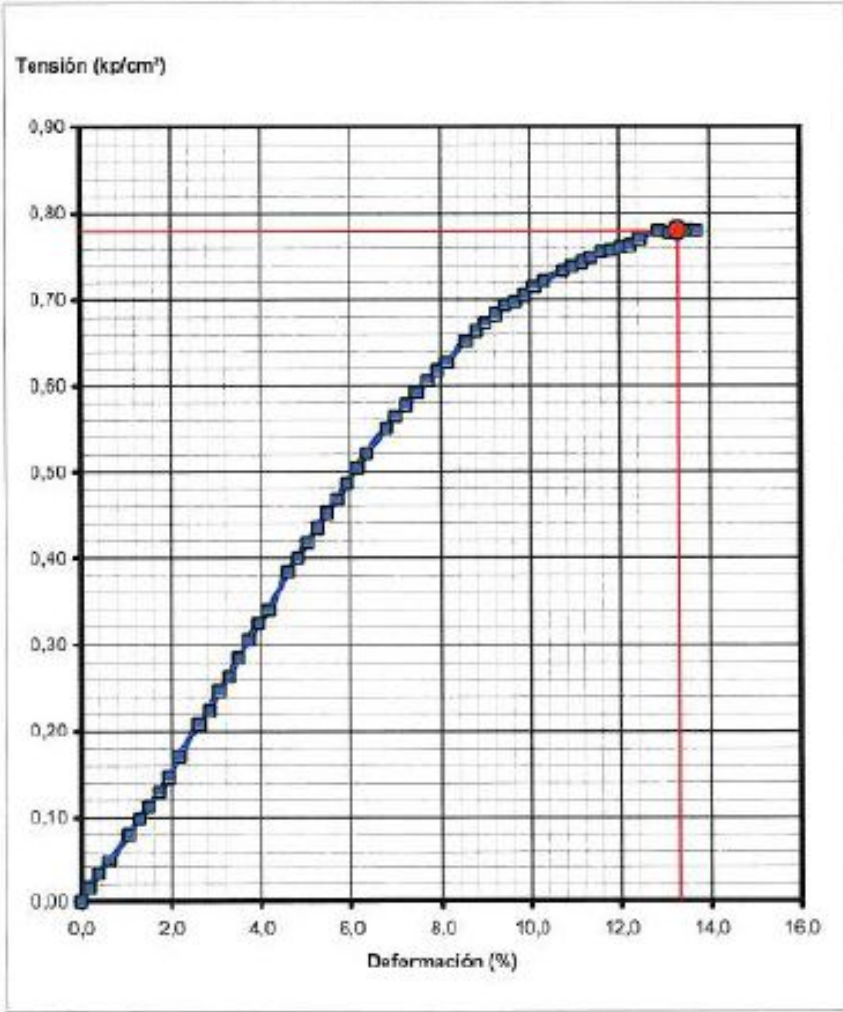
**CLIENTE:** IDOM INGENIERIA Y CONSULTORIA, S.A.  
**TRABAJO:**  
**INDICATIVO:** 09512 **LABORANTE:** Elena Buitrago  
**MUESTRA:** S-2 SH 6,30-6,90 **FECHA:** 10/08/09 Hoja 1 de 1

Medidas del ensayo		Datos y Resultados del ensayo	
T (kp/cm <sup>2</sup> )	ΔL (%)		
0,00	0,00	Humedad (%):	46,23
0,03	0,39	Densidad (g/cm <sup>3</sup> ):	1,16
0,08	1,07	Velocidad (%/min):	2,000
0,11	1,51	Área (cm <sup>2</sup> ):	45,36
0,16	1,96	Volumen (cm <sup>3</sup> ):	659,15
0,21	2,63	Altura probeta (cm):	14,53
0,25	3,07	Diámetro (cm):	7,80
0,28	3,51		
0,32	3,96		
0,38	4,62		
0,42	5,06		
0,45	5,49		
0,49	5,94		
0,52	6,38		
0,56	7,03		
0,59	7,47		
0,62	7,91		
0,65	8,36		
0,67	8,99		
0,69	9,43		
0,70	9,67		
0,72	10,30		
0,74	10,95		
0,75	11,38		
0,76	11,80		
0,78	12,23		
0,78	12,87		
0,78	13,29		
0,78	13,70		

**Forma de la rotura:** 

**Resistencia máxima (kp/cm<sup>2</sup>):** 0,78  
**Deformación (%):** 13,29  
**Resistencia al 15% de deformación (kp/cm<sup>2</sup>):**

**Curva completa del ensayo**



**Tensión (kp/cm<sup>2</sup>)**

**Deformación (%)**

**Observaciones**

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 4- TOPOGRAFÍA, CARTOGRAFÍA Y GEODESIA***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	74
2	CARTOGRAFÍA Y SISTEMA DE REFERENCIA .....	74
3	TOPOGRAFÍA.....	74
3.1	VÉRTICES GEODÉSICOS .....	74
4	BASES DE REPLANTEO.....	76
4.1	REPLANTEO PARA LA EXCAVACIÓN .....	76
4.1.1	REPLANTEO DE MURO PANTALLA.....	76
4.1.2	REPLANTEO DE EXPLANADA .....	77
4.2	REPLANTEO PARA LA EJECUCIÓN .....	77
4.2.1	REPLANTEO DE PILARES.....	77
4.2.2	REPLANTEO DEL MURO PANTALLA.....	78



## 1 INTRODUCCIÓN

Mediante este anejo se expondrá la base cartográfica del proyecto situado en Bilbao, Bizkaia, y explicar el procedimiento para hacer el replanteo de los puntos más significativos de la edificación.

El replanteo topográfico consiste en señalar en el terreno los puntos más significativos, y trasladar las medidas de los distintos elementos constructivos a los planos.

## 2 CARTOGRAFÍA Y SISTEMA DE REFERENCIA

La cartografía empleada, proviene del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y la Diputación Foral de Bizkaia.

El sistema de referencia utilizado es el actualmente vigente ETRS-89, que se estable en el Real Decreto 1071/2007 como sistema de referencia geodésico oficial en España para la referencia geográfica y cartografía en el ámbito de la Península Ibérica y las Islas Baleares, en el uso 30 por la localización de la obra con elipsoide de referencia GRES80 y coordenadas proyección UTM (Universal Transverse Mercator).

## 3 TOPOGRAFÍA

### 3.1 VÉRTICES GEODÉSICOS

Los vértices geodésicos elegidos por cercanías serán los siguientes:

Nº	Nombre	Número	Hoja MTN	Localidad
1	Kobeta	6101	61	Bilbao
2	Los Mimbres	6183	61	Bilbao
3	Ganguren (pilar)	6102	61	Galdakao

*Tabla 1. Vértices geodésicos significativos de la obra*

A continuación, se muestra la ubicación de los vértices representativos para la obra, en el apéndice 1 se adjunta las características de ellos.



Figura 1. Vértices geodésicos de Bilbao y alrededores

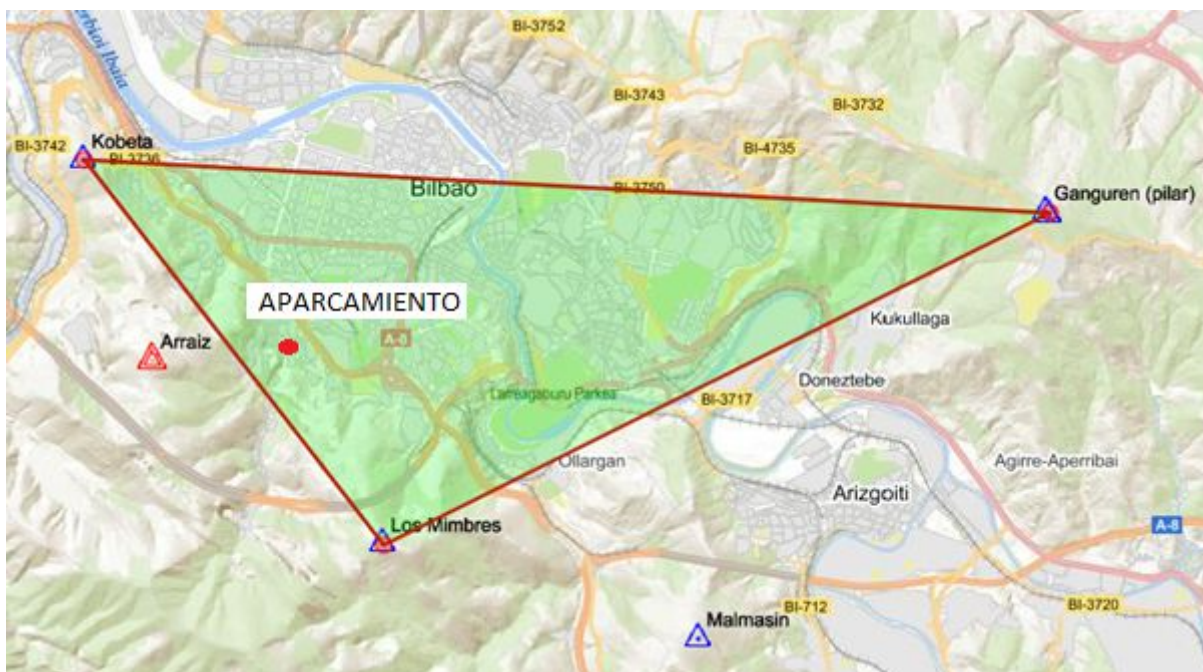


Figura 2. Vértices geodésicos significativos a la obra

## **4 BASES DE REPLANTEO**

En una correcta ejecución de obra, la colocación de bases de puntos de replanteo tiene una gran importancia. Por ello, para la elaboración de los trabajos topográficos en la obra existente, consideración su ámbito de actuación, se recurre a la red geodésica actual.

En cuanto a los puntos de replanteo, como condición general se han tomado puntos en cada quiebro de muro, siempre tomados desde su perímetro exterior, cada eje de pilar y en vértices de la explanada, pero a distintas cotas dependiendo de la fase de ejecución para la que se utilice esta información.

Por una parte, se han replanteado los puntos necesarios para realizar la excavación, correspondientes a las profundidades máximas de excavación de los muros y de la explanada sobre la que apoyará la losa, a cotas 44,00 y 46,50 respectivamente. Estos datos quedan reflejados en el plano “4.1.1. Movimiento de Tierras. Muro Pantalla y Explanada”.

Por otra parte, se han replanteado los puntos necesarios para la correcta ejecución de los elementos constructivos, correspondientes con los puntos en los que se ubican los arranques de los 16 pilares de la obra y los puntos de coronación de los muros pantalla tomados en su perímetro exterior. Estos datos quedan reflejados en el plano “4.1.2. Replanteo de Pilares y Muro Pantalla”.

### **4.1 REPLANTEO PARA LA EXCAVACIÓN**

#### **4.1.1 REPLANTEO DE MURO PANTALLA**

Replanteo de Muro Pantalla - Cota de excavación				
Tramo de Muro	Ancho (cm)	Coordenadas exteriores de muro		
		Coordenadas X (cm)	Coordenadas Y (cm)	Coordenadas Z (cm)
M1	40	504336,6627	4788484,5584	44,00
M2	40	504340,8344	4788486,3645	44,00
M3	40	504343,1283	4788485,9146	44,00
M4	40	504382,2590	4788452,8050	44,00
M5	40	504376,8624	4788448,6076	44,00
M6	40	504365,2423	4788439,5697	44,00
M7	40	504362,7615	4788439,8081	44,00
M8	40	504354,2829	4788449,5308	44,00
M9	40	504332,7103	4788456,4711	44,00
M10	40	504332,7577	4788456,8415	44,00
M11	40	504336,1670	4788483,4505	44,00

Tabla 2. Replanteo del muro pantalla para la excavación

#### 4.1.2 REPLANTEO DE EXPLANADA

Replanteo de Explanada - Cota de excavación			
Tramo de Explanada	Coordenadas de la explanada		
	Coordenadas X (cm)	Coordenadas Y (cm)	Coordenadas Z (cm)
E1	504336,9643	4788484,2531	46,50
E2	504340,8793	4788485,9481	46,50
E3	504342,9493	4788485,5421	46,50
E4	504381,6243	4788452,8181	46,50
E5	504365,1223	4788439,9831	46,50
E6	504362,9583	4788440,1911	46,50
E7	504354,5113	4788449,8776	46,50
E8	504333,1493	4788456,7501	46,50
E9	504336,5563	4788483,3411	46,50

Tabla 3. Replanteo de la explanada para la excavación

### 4.2 REPLANTEO PARA LA EJECUCIÓN

#### 4.2.1 REPLANTEO DE PILARES

Replanteo de Pilares - Cota de arranque de pilares				
Pilar	Dimensión (cm)	Coordenadas eje de pilar		
		Coordenadas X (cm)	Coordenadas Y (cm)	Coordenadas Z (cm)
P1	50x50	504340,2295	4788478,1676	46,90
P2	50x50	504345,7279	4788477,5625	46,90
P3	50x50	504351,8351	4788472,3945	46,90
P4	50x50	504357,9421	4788467,2236	46,90
P5	50x50	504364,0495	4788462,0586	46,90
P6	50x50	504370,1564	4788456,8906	46,90
P7	50x50	504376,2637	4788451,7227	46,90
P8	50x50	504372,5151	4788451,1797	46,90
P9	50x50	504339,2128	4788470,2351	46,90
P10	50x50	504345,5055	4788464,9106	46,90
P11	50x50	504351,6127	4788459,7432	46,90
P12	50x50	504357,7198	4788454,5757	46,90
P13	50x50	504361,9188	4788451,0260	46,90
P14	50x50	504366,2004	4788446,2695	46,90
P15	50x50	504338,1962	4788462,3022	46,90
P16	50x50	504340,7658	4788481,7611	46,90

Tabla 4. Replanteo de los pilares para la ejecución

#### 4.2.2 REPLANTEO DEL MURO PANTALLA

Replanteo de Muro Pantalla - Cota de coronación					
Tramo de Muro	Tipo de Muro	Ancho (cm)	Coordenadas exteriores de muro		
			Coordenadas X (cm)	Coordenadas Y (cm)	Coordenadas Z (cm)
M1	Tipo 1	40	504336,6627	4788484,5584	50,00
M2	Tipo 1	40	504340,8344	4788486,3645	50,00
M3	Tipo 1	40	504343,1283	4788485,9146	50,00
M4	Tipo 2	40	504382,2590	4788452,8050	50,00
M5	Tipo 2	40	504376,8624	4788448,6076	52,00
M6	Tipo 3	40	504365,2423	4788439,5697	52,00
M7	Tipo 3	40	504362,7615	4788439,8081	52,00
M8	Tipo 3	40	504354,2829	4788449,5308	52,00
M9	Tipo 3	40	504332,7103	4788456,4711	52,00
M10	Tipo 4	40	504332,7577	4788456,8415	51,00
M11	Tipo 4	40	504336,167	4788483,4505	50,00

Tabla 5. Replanteo del muro pantalla para la ejecución

## **APÉNDICE**



## Reseña Vértice Geodésico

1-jun-2019

**Número.....:** 6102  
**Nombre.....:** Ganguren (pilar)  
**Municipios:** Galdakao  
**Provincias:** Bizkaia  
**Fecha de Construcción.....:** 01 de enero de 1968  
**Pilar sin centrado forzado...:** 0,90 m de alto, 0,30 m de diámetro.  
**Último cuerpo.....:** 0,25 m de alto, 0,50 m de ancho.  
**Total cuerpos.....:** 1 de 0,25 m de alto.

### Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 2° 51' 52,1652"	- 2° 51' 56,83759" ±0.073 m
Latitud.....:	43° 15' 41,7842"	43° 15' 37,85430" ±0.097 m
Alt. Elipsoidal...:		527,154 m ±0.099 (BP)
Compensación..:	18 de marzo de 1998	01 de noviembre de 2009 Elipse de error al 95% de confianza.

### Coordenadas UTM. Huso 30 :

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	510998,70 m ( 0.048)	510893,052 m
Y.....:	4789962,00 m ( 0.04)	4789753,957 m
Factor escala....:	0,999601488	0,999601460
Convergencia...:	0° 05' 34"	0° 05' 31"

Altitud sobre el nivel medio del mar: 477,391 m. (BP)

### Situación:

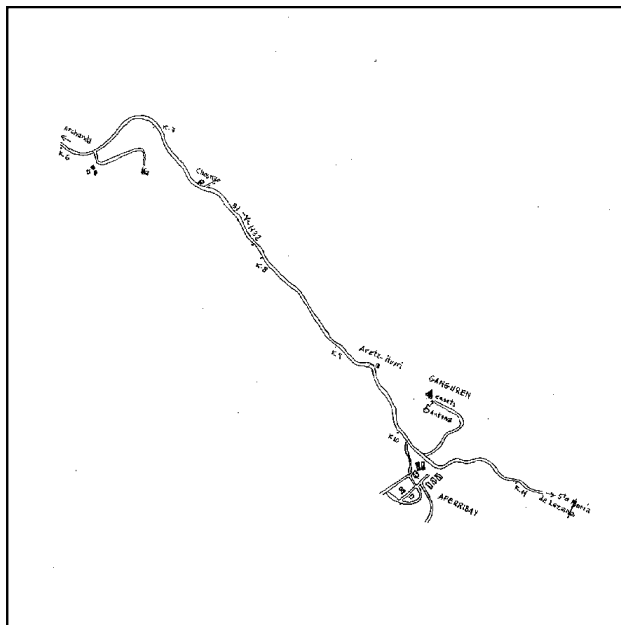
Situado en lo más alto del cerro Santa Marina, cubierto de pinos. La señal está sobre el techo de cemento de una caseta de la Telefónica. Dicha caseta y una antena están dentro de un cercado de tela metálica. La altura de la parte superior del techo al terreno es de 2,77 m. A unos 60 m. al S. está la antena-repetidor de Telefónica, con varias parábolas.

### Acceso:

Desde Bilbao y del barrio de Archanda, por la carretera BI-V-1132 a la N-634 y a Galdakano, al llegar a Aperribay, en el Km. 10,250 se entra a la izquierda por la carretera que sube al repetidor.

### Horizonte GPS:

Posibles sombras de un repetidor y antenas de Telefónica.



### Observaciones:

Denominación anterior del vértice era Ganguren-Pilar



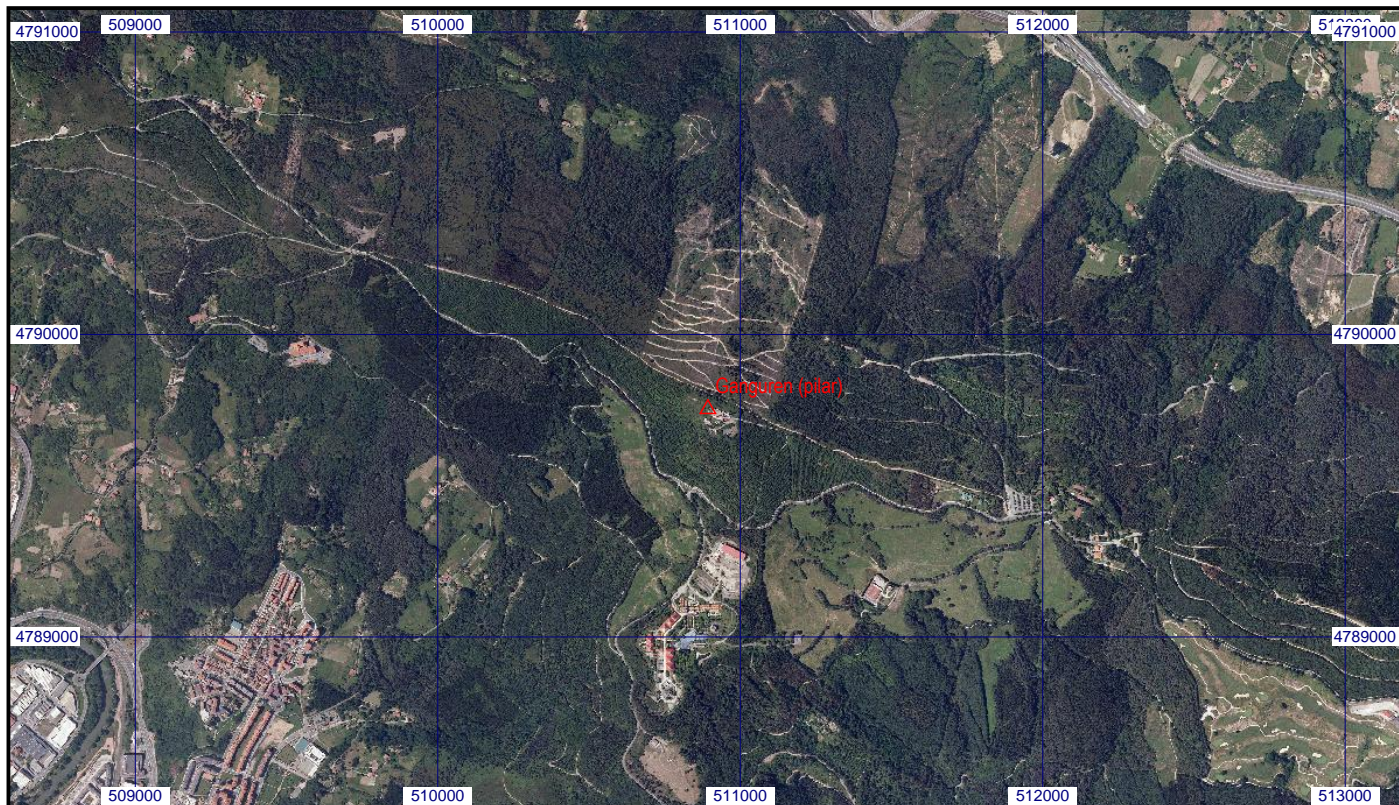
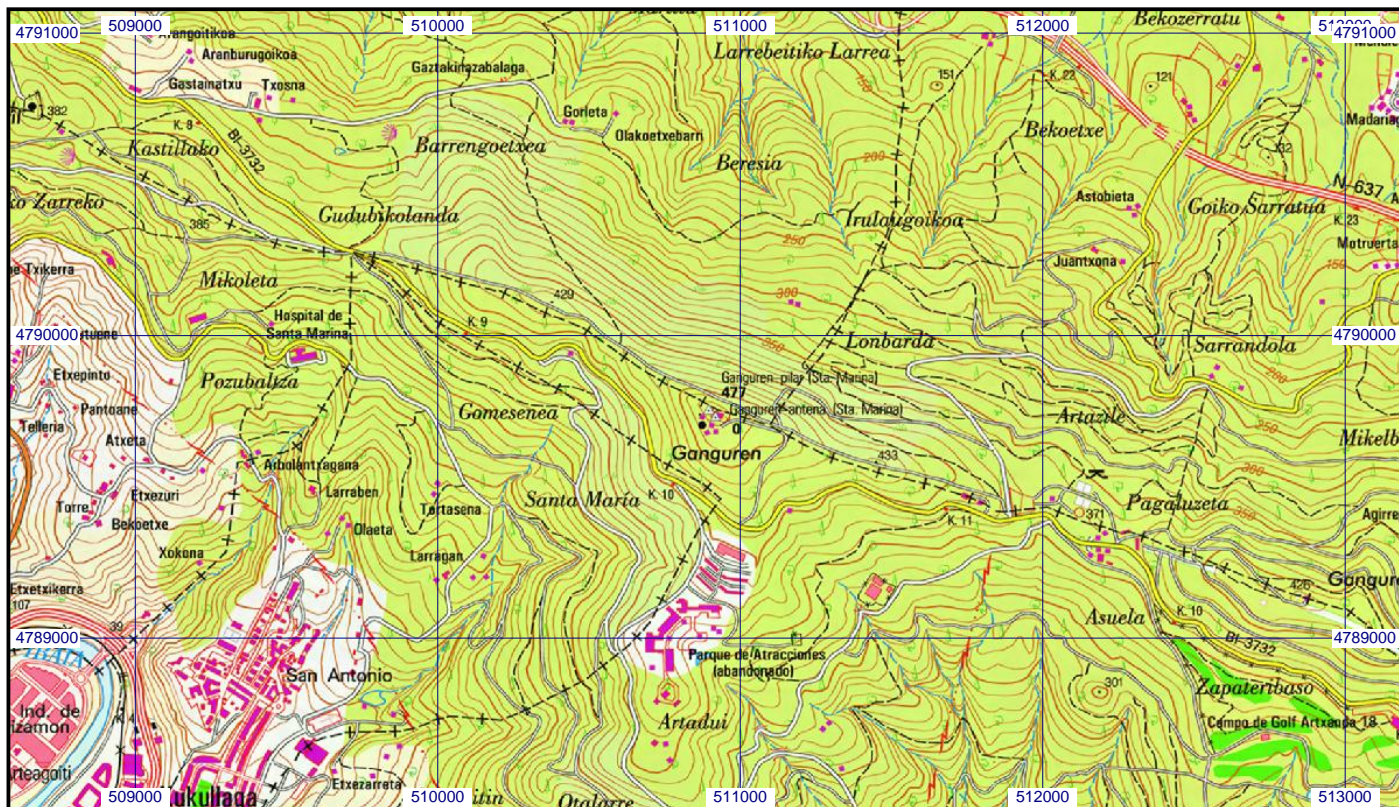
### Cartografía de situación

1-jun-2019

Escala 1:25.000

06102 Ganguren (pilar)

Coordenadas ETRS89. Huso 30





## Reseña Vértice Geodésico

1-jun-2019

**Número.....: 6101**  
**Nombre.....: Kobeta**  
**Municipios: Bilbao**  
**Provincias: Bizkaia**  
**Fecha de Construcción.....: 01 de enero de 1970**  
**Pilar sin centrado forzado...: 1,17 m de alto, 0,32 m de diámetro.**  
**Último cuerpo.....: 0,50 m de alto, 1,00 m de ancho.**  
**Total cuerpos.....: 1 de 0,50 m de alto.**

### Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 2° 58' 01,6594"	- 2° 58' 06,34303" ±0.024 m
Latitud.....:	43° 15' 56,2486"	43° 15' 52,31841" ±0.056 m
Alt. Elipsoidal...:		247,575 m ±0.06 (BP)
Compensación...:	18 de marzo de 1998	01 de noviembre de 2009 Elipse de error al 95% de confianza.

### Coordenadas UTM. Huso 30 :

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	502667,93 m ( 0.033)	502562,264 m
Y.....:	4790399,82 m ( 0.033)	4790191,889 m
Factor escala....:	0,999600088	0,999600081
Convergencia...:	0° 01' 21"	0° 01' 18"

Altitud sobre el nivel medio del mar: 197,704 m. (BP)

### Situación:

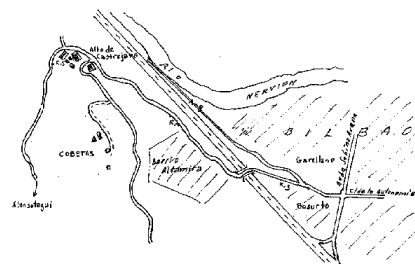
Situado en el cerro Castillo de Cobetas, en terreno de pasto y arbustos.

### Acceso:

Desde Bilbao se sale por la carretera a Alonsotegui y Valmaseda, que es la prolongación de la C/ de la Autonomía, se cruza la autopista A-8, se deja a la izquierda el barrio de Altamira y al llegar al Alto de Castrejana, Km. 4,650, donde está la fábrica de Pepsi Cola, se toma a la izquierda la carretera a Monte Arraiz; recorridos unos 400 m., se sigue a la derecha por una pista que a los 500 m. llega a lo alto, muy próximo a la señal.



Cobetas



### Observaciones:

Denominación anterior del vértice era Cobetas

### Horizonte GPS:

Despejado



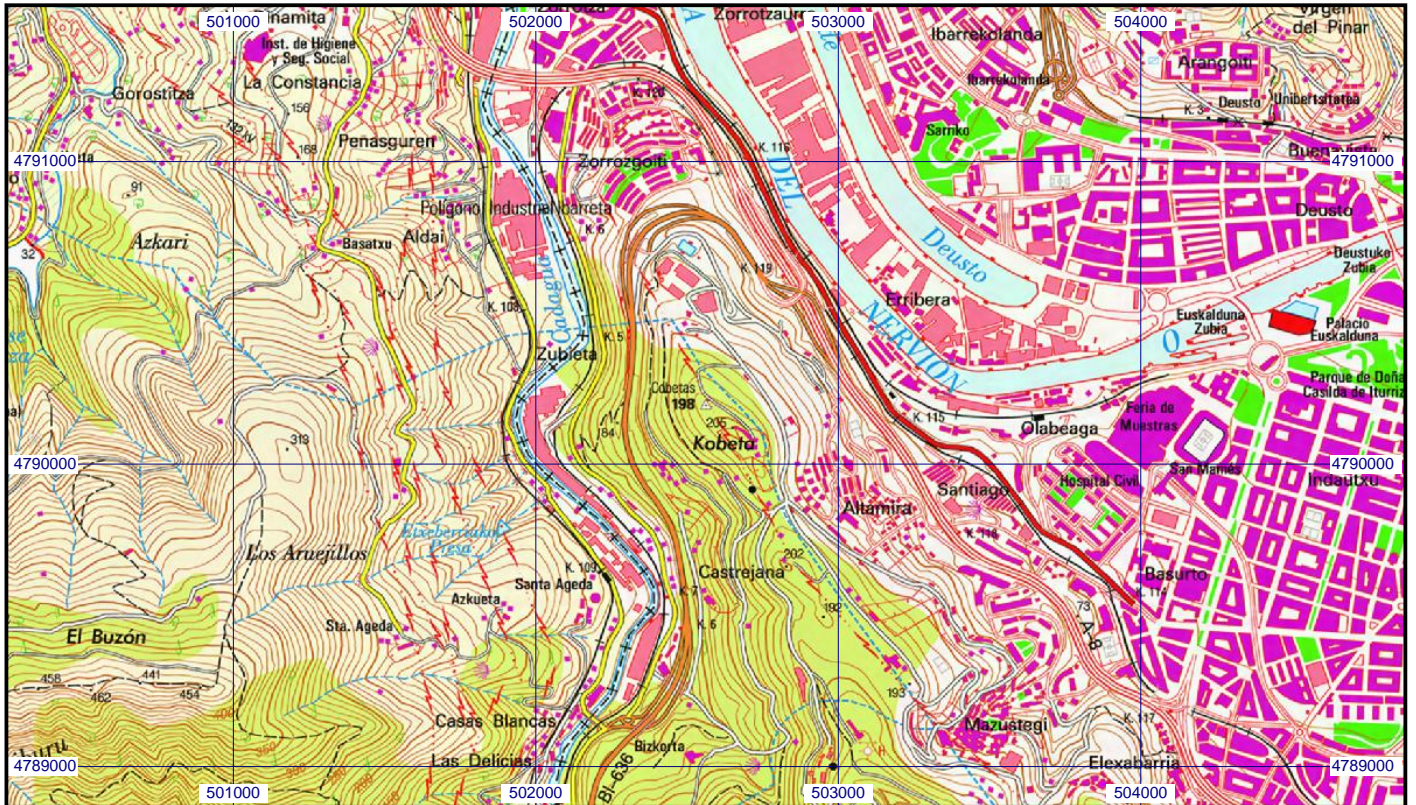
Cartografía de situación

1-jun-2019

Escala 1:25.000

06101 Kobeta

Coordenadas ETRS89. Huso 30





## Reseña Vértice Geodésico

1-jun-2019

**Número.....:** 6174  
**Nombre.....:** Los Mimbres  
**Municipios:** Bilbao  
**Provincias:** Bizkaia  
**Fecha de Construcción.....:** 01 de enero de 1967  
**Pilar sin centrado forzado...:** 1,12 m de alto, 0,32 m de diámetro.  
**Último cuerpo.....:** 1,00 m de alto, 1,50 m de ancho.  
**Total cuerpos.....:** 1 de 1,00 m de alto.

### Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 2° 56' 06,8548"	- 2° 56' 11,53406" ±0.063 m
Latitud.....:	43° 14' 09,0722"	43° 14' 05,13955" ±0.063 m
Alt. Elipsoidal...:		469,109 m ±0.056 (BP)
Compensación..:	18 de marzo de 1998	01 de noviembre de 2009 Elipse de error al 95% de confianza.

### Coordenadas UTM. Huso 30 :

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	505258,70 m ( 0.042)	505153,008 m
Y.....:	4787095,04 m ( 0.039)	4786887,096 m
Factor escala....:	0,999600340	0,999600327
Convergencia...:	0° 02' 40"	0° 02' 36"

Altitud sobre el nivel medio del mar: 419,092 m. (BP)

### Situación:

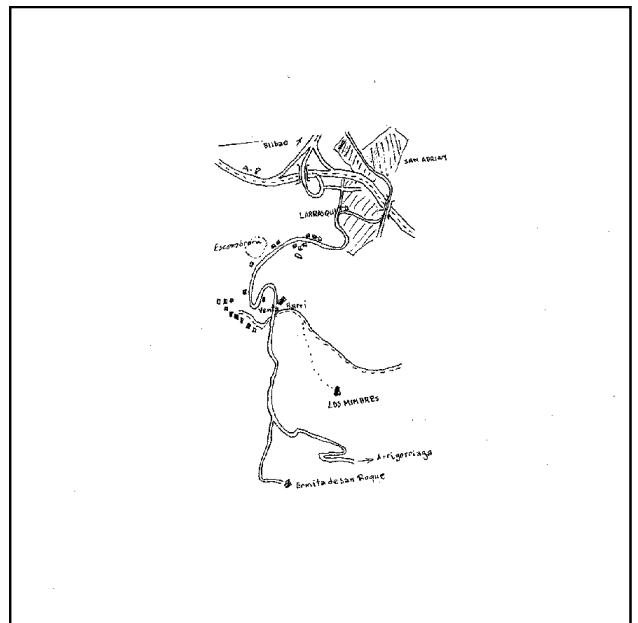
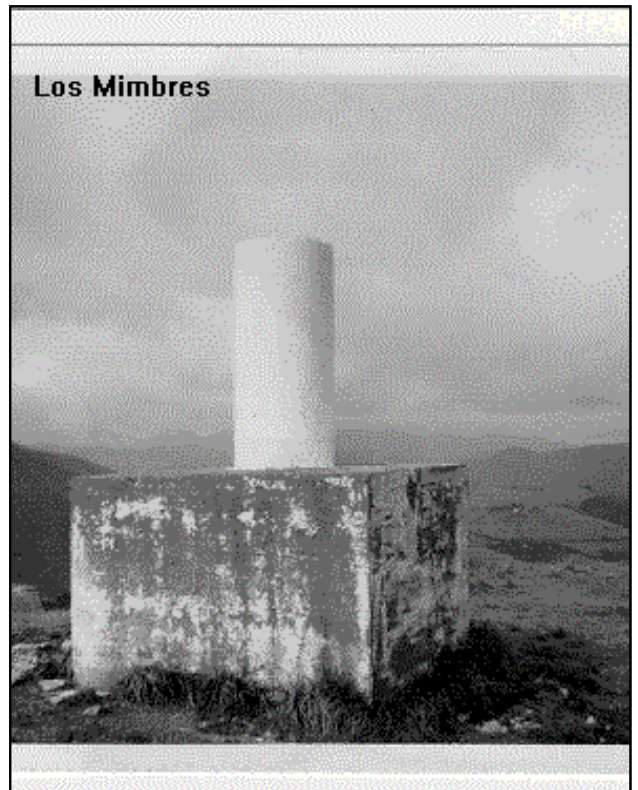
Situado en el monte Arnotegui, en su extremo N.O., que no es lo más alto, ya que esa parte está ocupada por las ruinas del antiguo fuerte de Arnotegui. El terreno es de erial y pasto.

### Acceso:

Desde Bilbao se sale hacia el S. cruzando la autopista A-8 por la carretera al barrio de Larrasquitu, que va a Arrigorriaga y a la ermita de San Roque; poco después se pasa la Escombrera y al llegar al barrio de Barri, donde se encuentra la Venta del mismo nombre, se entra a la izquierda por un camino, dejando el vehículo a los 200 m. A pie, hacia la derecha por una senda que va por la divisoria, se sube hasta el vértice en 10 minutos.

### Horizonte GPS:

Despejado



### Observaciones:



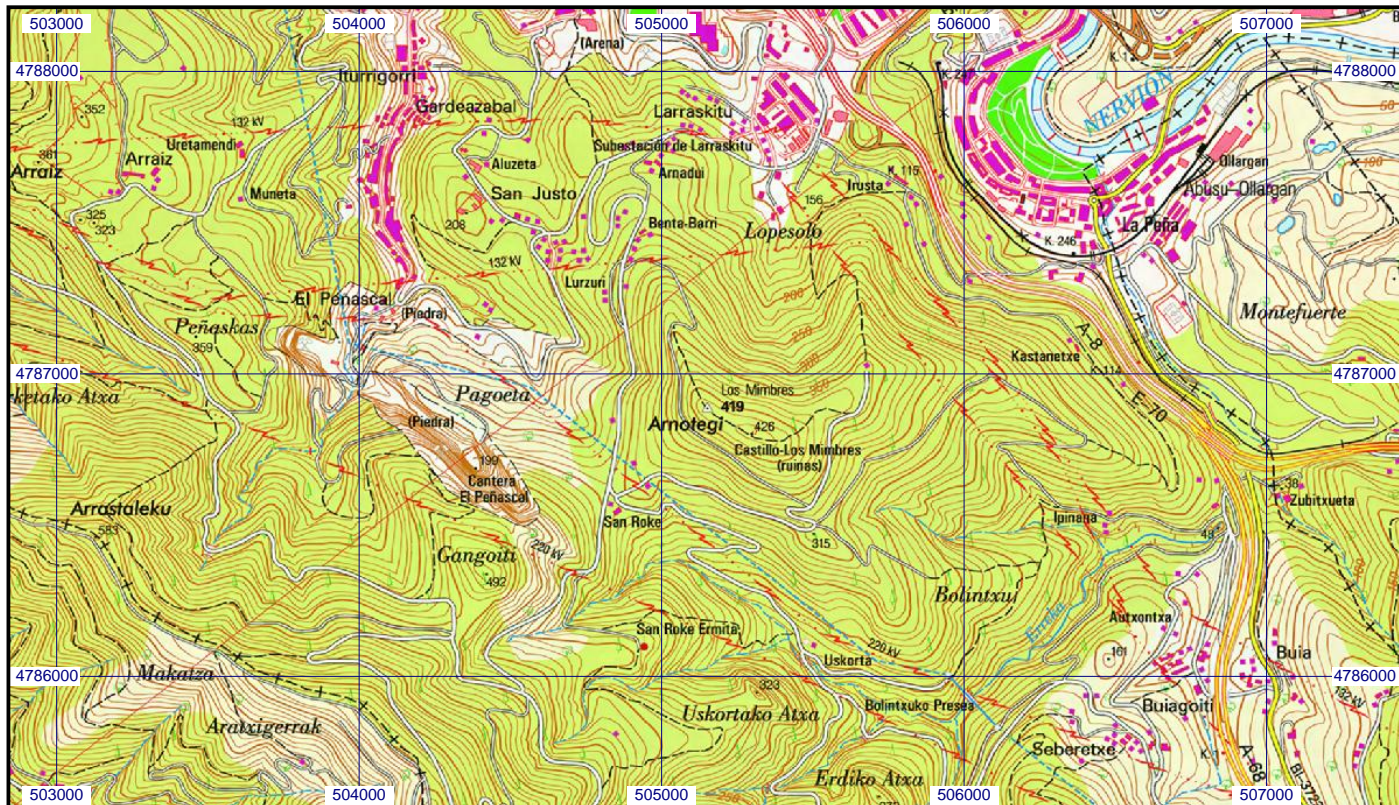
### Cartografía de situación

1-jun-2019

Escala 1:25.000

06174 Los Mimbres

Coordenadas ETRS89. Huso 30





GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 5- MOVIMIENTO DE TIERRAS***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019

## ÍNDICE

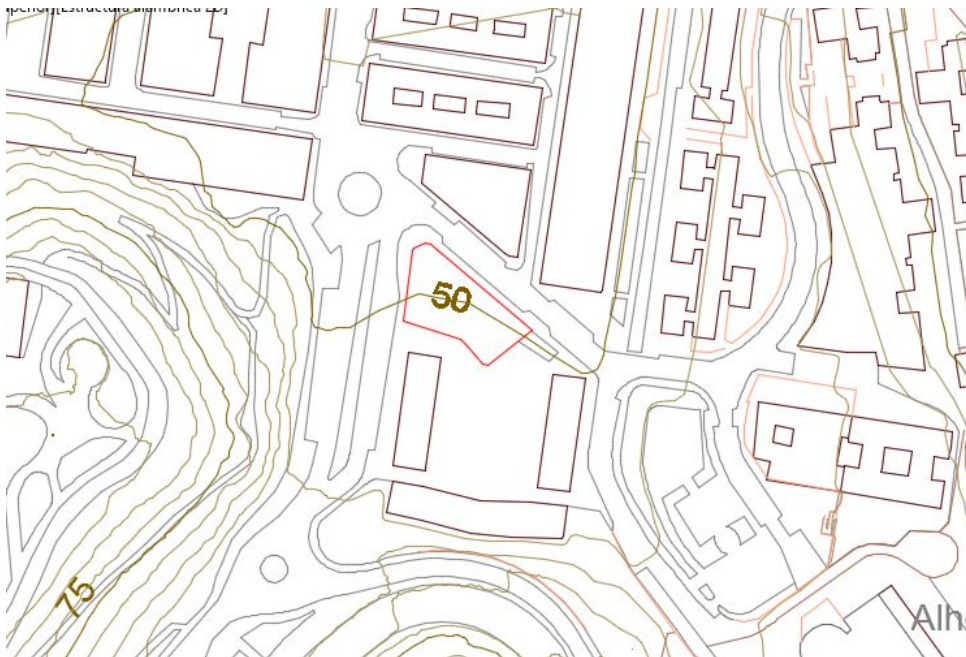
1	INTRODUCCIÓN .....	79
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	79
2.1	REPLANTEO DE LA EXCAVACIÓN .....	80
2.2	VOLÚMENES DE EXCAVACIÓN.....	82
2.3	SUELOS CONTAMINADOS.....	82

## 1 INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se definirá el movimiento de tierras necesario, para el acondicionamiento del terreno, como paso previo a la ejecución del aparcamiento subterráneo previsto.

## 2 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Como consecuencia de las labores de acondicionamiento del terreno, que se llevaron a cabo tras la demolición en 2011 del centro cultural Kukutza, la parcela en cuestión, fue nivelada a una cota horizontal y uniforme de 50 metros en toda su superficie, como se puede apreciar en la siguiente figura.



*Figura 1. Cartografía del emplazamiento (Diputación Foral de Bizkaia)*

En base a ello y para posibilitar la ejecución del aparcamiento subterráneo, debe realizarse el correspondiente movimiento de tierras de excavación.

En el caso de la parcela de referencia, se tienen dos profundidades de excavación, una correspondiente a los muros pantalla perimetrales, los cuales, en base a los cálculos realizados se deberán situar a una cota bajo rasante de 6,00 metros (Cota 44,00), y otra, correspondiente a la plataforma sobre la que se apoyará la losa inferior de aparcamiento, que se situará a 3,50 metros bajo la cota de rasante (Cota 46,50).

## 2.1 REPLANTEO DE LA EXCAVACIÓN

Se adjunta a continuación una tabla que recoge las coordenadas UTM (x,y,z) de los puntos de replanteo de la excavación para los dos niveles de excavación, correspondientes con, los muros pantalla, por un lado, y la explanada por el otro.

Se han replanteado los puntos más significativos correspondientes a cada uno de los quiebros que presenta la geometría de los muros y de la plataforma sobre la que se ejecutará la losa de cimentación, a fin de posibilitar una correcta ejecución de los elementos constructivos.

Replanteo de Muro Pantalla - Cota de excavación				
Tramo de Muro	Ancho (cm)	Coordenadas exteriores de muro		
		Coordenadas X (cm)	Coordenadas Y (cm)	Coordenadas Z (cm)
M1	40	504336,6627	4788484,5584	44,00
M2	40	504340,8344	4788486,3645	44,00
M3	40	504343,1283	4788485,9146	44,00
M4	40	504382,2590	4788452,8050	44,00
M5	40	504376,8624	4788448,6076	44,00
M6	40	504365,2423	4788439,5697	44,00
M7	40	504362,7615	4788439,8081	44,00
M8	40	504354,2829	4788449,5308	44,00
M9	40	504332,7103	4788456,4711	44,00
M10	40	504332,7577	4788456,8415	44,00
M11	40	504336,1670	4788483,4505	44,00

*Tabla 1. Coordenadas de excavación del muro pantalla*

Replanteo de Explanada - Cota de excavación			
Tramo de Explanada	Coordenadas de la explanada		
	Coordenadas X (cm)	Coordenadas Y (cm)	Coordenadas Z (cm)
E1	504336,9643	4788484,2531	46,50
E2	504340,8793	4788485,9481	46,50
E3	504342,9493	4788485,5421	46,50
E4	504381,6243	4788452,8181	46,50
E5	504365,1223	4788439,9831	46,50
E6	504362,9583	4788440,1911	46,50
E7	504354,5113	4788449,8776	46,50
E8	504333,1493	4788456,7501	46,50
E9	504336,5563	4788483,3411	46,50

Tabla 2. Coordenadas de excavación del muro pantalla



Figura 2. Caracterización de profundidades de excavación. CypeCad MEP

## 2.2 VOLÚMENES DE EXCAVACIÓN

A continuación, se presenta una tabla donde se recogen los valores de las superficies, las alturas y los volúmenes de excavación correspondientes, por una parte, a los muros pantalla y por otra, a la plataforma sobre la que se apoyará la losa, además de los valores totales.

	Superficie (m <sup>2</sup> )	Profundidad (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
Excavación muros	58,00	6,00	348,00
Excavación plataforma	1.087,29	3,50	3.805,52
Excavación total	1.145,17	-	<b>4.152,80</b>

Tabla 3. Caracterización del movimiento de tierras

## 2.3 SUELOS CONTAMINADOS

Como se menciona en el Anejo 2. Emplazamiento, al consultar el inventario de suelos que soportan o han soportado actividades o instalaciones potencialmente contaminantes del suelo del Gobierno Vasco en base al Decreto 165-2008, se puede apreciar que el suelo de la parcela a edificar está contaminado (Código 48020-00159), ya que en el pasado soporto actividad industrial.



Figura 3. Suelos contaminados en el emplazamiento (GeoEuskadi)



Al superponer la superficie contaminada sobre las ortofotos de emplazamiento, se aprecia que solo una parte de la parcela presenta contaminación del suelo.



Figura 4. Superficie contaminada sobre ortofoto del emplazamiento (GeoEuskadi)

A fin de determinar qué cantidad del volumen total de excavación corresponde con suelos contaminados, se ha elaborado el siguiente plano donde se refleja la superficie contaminada en base a la superficie total.

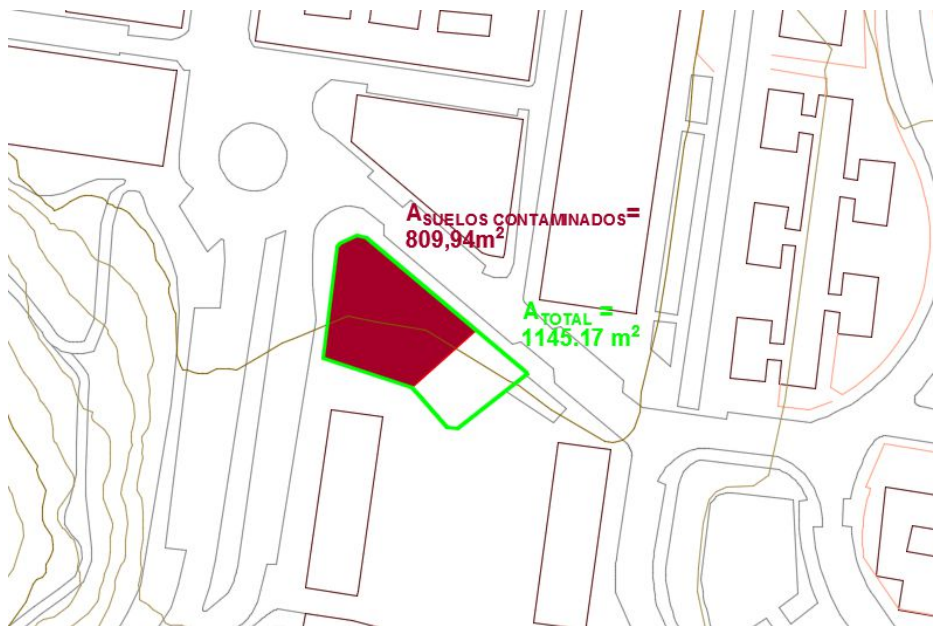


Figura 5. Superficie total y superficie suelos contaminados (Elaboración propia)

Además, ya que en los datos que proporciona el inventario de suelos contaminados del Gobierno Vasco, no se detalla la profundidad de dicho suelo, se han mantenido comunicaciones con IHOBE (Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco) para determinar, en base a otros expedientes similares, la profundidad aproximada hasta la que se han podido infiltrar los contaminantes. Desde el ente IHOBE consideran que según las características del terreno, las filtraciones de contaminantes han podido alcanzar una profundidad de 0,5 metros desde la cota de rasante. En nuestro caso de estudio, para ir del lado de la seguridad, y asegurar el correcto tratamiento de la totalidad del suelo que puede estar contaminado, se ha tomado una profundidad de 1 metro para la caracterización del volumen de suelo contaminado sobre el total del suelo del emplazamiento a excavar.

Estos datos son meramente orientativos con los que se pretende obtener un volumen aproximado de suelo contaminado, que permita definir las actuaciones que se deberán llevar cabo para la gestión de los suelos (excavación, transporte y tratamiento) e incorporar en el presupuesto la partida de gestión de suelos contaminados correspondiente.

	Superficie (m <sup>2</sup> )	Profundidad (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
Suelos contaminados	809,94	1,00	<b>809,94</b>

*Tabla 4. Caracterización de los suelos contaminados del emplazamiento*

En base a los datos recogidos, se ha elaborado la siguiente tabla donde se recogen los valores correspondientes al volumen total de tierra a excavar, indicado el volumen correspondiente a suelos sanos y el correspondiente a suelos contaminados, a fin de poder darles un tratamiento apropiado a cada uno de ellos.

Volumen de excavación total		Volumen de excavación de suelos contaminados		Volumen de excavación de suelos sanos	
(m <sup>3</sup> )	%	(m <sup>3</sup> )	%	(m <sup>3</sup> )	%
4.152,80	100	809,94	19,50	3.342,86	80,5

*Tabla 5. Volúmenes del movimiento de tierras*

Por lo tanto, de un volumen de excavación total de 4.152,80 m<sup>3</sup>, 3.342,86 m<sup>3</sup> corresponden al volumen de suelos sanos, y 809,94 m<sup>3</sup> corresponden al volumen de suelos contaminados a excavar, los cuales serán tratados de acuerdo a la normativa aplicable en materia medioambiental y de gestión de residuos como se define en el Anejo 6. Gestión de Suelos Contaminados, a fin de darles un correcto tratamiento.

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 6- GESTIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	86
2	NORMATIVA APLICABLE .....	86
3	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y ADMINISTRATIVOS EN LOS TRABAJOS DE EXCAVACIÓN .....	87
3.1	CASOS EN LOS QUE SE REQUIERE EL INICIO DEL PROCEDIMIENTO .....	87
3.1.1	DATOS DE GENERALES PARA LA TRAMITACIÓN .....	88
3.1.2	DATOS DE TRAMITACIÓN ESPECÍFICOS PARA LA EXCAVACIÓN DE SUELOS POR NECESIDADES CONSTRUCTIVAS.....	90
3.2	ENTIDADES ACREDITADAS .....	93
4	ACTUACIONES PREVIAS A LA PREPARACIÓN DEL PLAN DE EXCAVACIÓN .....	94
5	PLAN DE EXCAVACIÓN SELECTIVO .....	95
5.1	INFORMES DE SEGUIMIENTO Y FINAL .....	97
6	METODOLOGÍA PARA LA EJECUCIÓN DE PLANES DE EXCAVACIÓN EN SUELOS AFECTADOS EN SU CALIDAD .....	98
6.1	TRABAJOS PRELIMINARES.....	98
6.1.1	SELECCIÓN DE CONTRATISTAS .....	98
6.1.2	OBTENCIÓN DE PERMISOS .....	99
6.1.3	INFORMACIÓN SOBRE SERVICIOS AFECTABLES.....	99
6.2	DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE TRABAJO .....	100
6.3	PREPARACIÓN DE ZONAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL, TRÁNSITO Y DESCONTAMINACIÓN .....	101
6.3.1	ZONA DE ACOPIO TEMPORAL .....	101
6.3.2	ZONAS DE TRÁNSITO DE CAMIONES .....	102
6.3.3	ZONA DE LIMPIEZA DE MAQUINARIA.....	102
6.4	EQUIPOS E INSTALACIONES AUXILIARES .....	102
6.5	MUESTREO "IN SITU" DE LOS SUELOS A EXCAVAR.....	102
6.6	TÉCNICAS DE EXCAVACIÓN DE SUELOS. MAQUINARIA .....	104
6.7	CARGA Y TRANSPORTE DE SUELOS EXCAVADOS.....	106
6.8	CRONOGRAMA.....	107
7	ALTERNATIVAS DE USO PARA LOS SUELOS EXCAVADOS.....	108

7.1	REUTILIZACIÓN.....	108
7.2	TRATAMIENTO.....	109
7.3	GESTIÓN A VERTEDEROS AUTORIZADOS.....	110
7.3.1	CARACTERIZACIÓN BÁSICA .....	110
7.3.2	CRITERIOS DE ADMISIÓN EN VERTEDEROS.....	111
7.4	GESTORES, VERTEDEROS Y TRANSPORTISTAS AUTORIZADOS EN EL PAÍS VASCO.....	112
7.5	CONCLUSIONES.....	113
8	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO REMANENTE .....	114
8.1	TOMA DE MUESTRAS .....	115
9	PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL .....	116



## 1 INTRODUCCIÓN

Durante las labores de caracterización del terreno, se ha consultado el inventario de suelos que soportan o han soportado actividades o instalaciones potencialmente contaminantes del suelo del Gobierno Vasco, donde se ha podido comprobar que parte del suelo de la parcela a edificar está contaminado, ya que ha soportado actividad industrial en el pasado. Este hecho, motiva la redacción del presente anejo mediante el que se pretende recoger las actuaciones necesarias, en base a la normativa, para una correcta gestión del suelo.

El suelo contaminado del emplazamiento corresponde con el 19,50% del volumen total a excavar, lo que supone un volumen de 809,94 m<sup>3</sup>, a los que se les deberá dar un correcto tratamiento de acuerdo a las pautas recomendadas por el ente público IHOBE y a la normativa aplicable en materia medioambiental y de gestión de residuos, recogidas en el presente anejo.

Por último, aclarar que en los siguientes apartados se recogen las pautas a seguir para una correcta gestión del suelo contaminado, en algunos casos, exponiendo las actuaciones necesarias para el cumplimiento de la normativa y dejando la elección de las más adecuadas, según las necesidades constructivas, técnicas y administrativas a la futura Dirección de Obra que supervise la ejecución del proyecto y a la entidad acreditada contratada para la realización de los trabajos de recuperación del suelo.

## 2 NORMATIVA APLICABLE

La intervención en suelos afectados en su calidad por la presencia de contaminantes está regulada fundamentalmente a través de la siguiente normativa:

A nivel autonómico.

- Ley 4/2015, de 25 de junio, de prevención y corrección de la contaminación del suelo.
- Decreto 199/2006, de 10 de octubre, por el que se establece el sistema de acreditación de entidades de investigación y recuperación de la calidad del suelo y se determina el contenido y alcance de las investigaciones de la calidad del suelo a realizar por dichas entidades.

- Decreto 165/2008, de 30 de septiembre, de inventario de suelos que soportan o han soportado actividades o instalaciones potencialmente contaminantes del suelo.

A nivel estatal.

- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.
- Ley 22/11, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

### **3 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y ADMINISTRATIVOS EN LOS TRABAJOS DE EXCAVACIÓN**

Todas las excavaciones que se lleven a cabo en emplazamientos que soportan o hayan soportado actividades potencialmente contaminantes del suelo deben ser sometidas a algún grado de intervención medioambiental proporcional a la magnitud de la afección al suelo. Con objeto de sistematizar la forma de actuar en diferentes situaciones, se clasifican éstas en dos grupos en función de la necesidad de iniciar el procedimiento de declaración de la calidad del suelo:

- Casos en los que se requiere el inicio del procedimiento.
- Casos en los que no se requiere el inicio del procedimiento.

#### **3.1 CASOS EN LOS QUE SE REQUIERE EL INICIO DEL PROCEDIMIENTO**

El inicio del procedimiento de declaración de la calidad del suelo está relacionado, de acuerdo al artículo 17 de la Ley 4/2015, con la concurrencia de alguna de las siguientes circunstancias:

- Instalación o ampliación de una actividad en un suelo que soporte o haya soportado una actividad o instalación potencialmente contaminante.
- Ejecución de movimientos de tierras en un emplazamiento que hubiera soportado una actividad o instalación potencialmente contaminante del suelo y que en la actualidad se encuentre inactivo.
- Cese definitivo de una actividad o instalación potencialmente contaminante del suelo.

- Cambio de uso de un suelo que soporte o haya soportado una actividad o instalación potencialmente contaminante.
- Indicios fundados de la existencia de sustancias contaminantes en el suelo.
- A iniciativa de las personas físicas o jurídicas propietarias o poseedoras del suelo.

La parcela de la Estrada Caleros, donde se realizará la excavación como paso previo a la ejecución del aparcamiento subterráneo, corresponde con la segunda de las circunstancias descritas ya que ha soportado uso industrial potencialmente contaminante del suelo.

Por ello, los movimientos de tierras que deban ejecutarse requieren de la aprobación previa, por el órgano ambiental, de un plan de excavación selectiva presentado en el marco del procedimiento de declaración de la calidad del suelo y elaborado por una entidad acreditada. La aprobación del plan será previa al otorgamiento de la licencia municipal que habilite para el movimiento de tierras.

### 3.1.1 DATOS DE GENERALES PARA LA TRAMITACIÓN

En los casos para los cuales se requiere de un plan de excavación selectiva será necesario obtener de la Viceconsejería de Medio Ambiente y previamente al inicio de las obras, la autorización del plan. Para ello será necesario remitir, a este órgano o a sus Delegaciones Territoriales, la siguiente documentación:

- Carta de solicitud de autorización del plan de excavación. Se indicará claramente si se trata de una excavación como parte del saneamiento del suelo, exclusivamente por necesidades del proyecto constructivo o mixta.
- Investigación exploratoria, y en su caso detallada, que incluirá, si es el caso, un análisis de riesgos.
- Plan de excavación elaborado por una entidad acreditada y/o un estudio de alternativas de saneamiento.
- Lista de comprobación o documento resumen del plan de excavación.

La declaración de la calidad del suelo o en su caso, la resolución que autoriza la excavación, serán documentos imprescindibles para el otorgamiento de otro tipo de licencias y autorizaciones administrativas.

En todos los casos, y una vez finalizados los trabajos de excavación se remitirá a la Viceconsejería o sus Delegaciones Territoriales un informe final acreditativo de los trabajos realizados, elaborado cuando sea el caso por una entidad acreditada y con el contenido que se especifica en esta guía.

A continuación, se resume, en un esquema básico, el proceso de tramitación administrativa de los expedientes relacionados con proyectos de excavación que incluye los casos más generales.

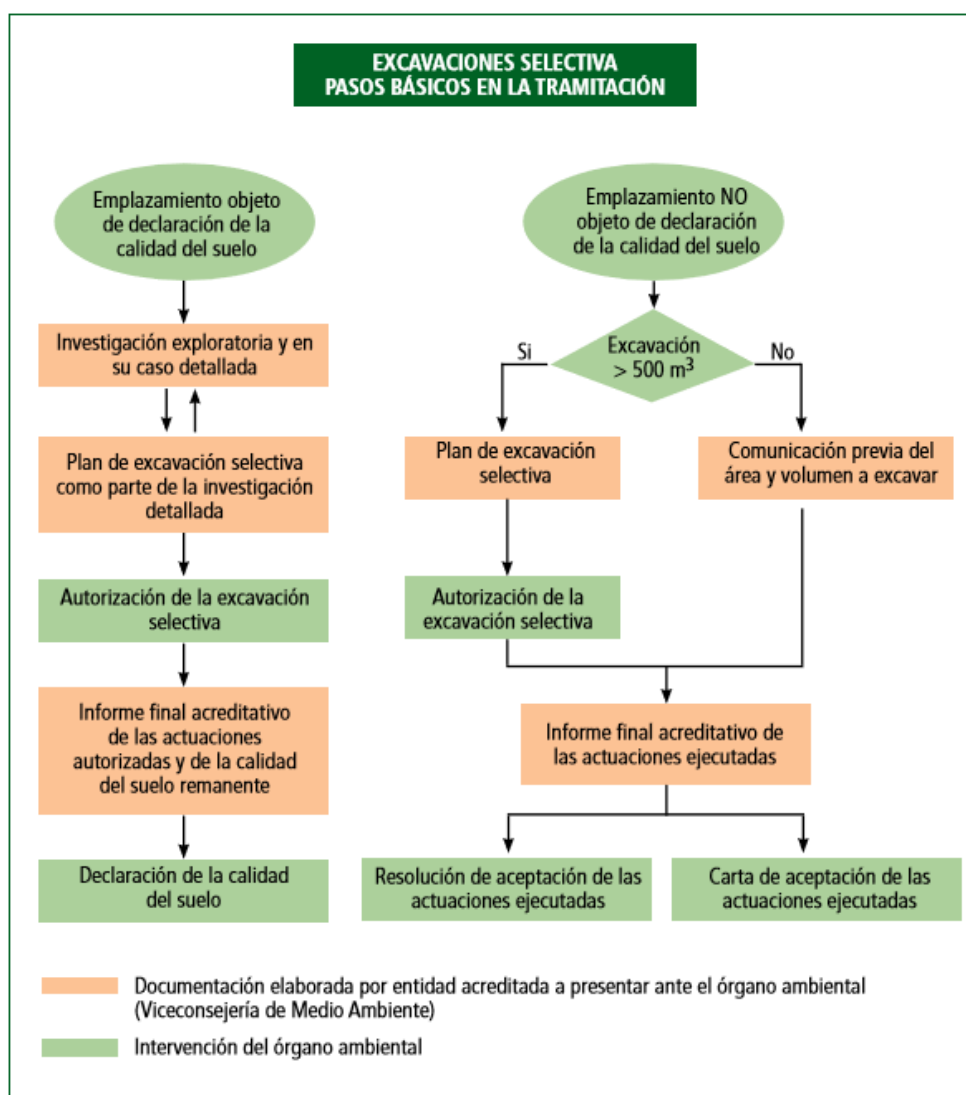


Figura 1. Esquema básico general de la tramitación de planes de excavación

### **3.1.2 DATOS DE TRAMITACIÓN ESPECÍFICOS PARA LA EXCAVACIÓN DE SUELOS POR NECESIDADES CONSTRUCTIVAS**

Todos los movimientos de tierras previstos en emplazamientos sometidos al procedimiento de declaración de la calidad del suelo requerirán la redacción de un plan de excavación selectiva que debe ser aprobado por el órgano ambiental previamente a su ejecución.

Dentro del ámbito de declaración de la calidad del suelo, la excavación se puede llevar a cabo por distintos motivos (necesidades constructivas, excavación como parte de un proyecto de recuperación de suelos o como una combinación de ambas) y en base a ellos, se aplicarán distintos requerimientos.

El caso de estudio de la parcela de la Estrada Caleros, corresponde con excavación por necesidades meramente constructivas. Puesto que nos referimos a emplazamientos para los cuales se ha iniciado el procedimiento de declaración de la calidad del suelo, se tratará de terrenos para los cuales se dispone de datos de concentraciones de las sustancias contaminantes. Desde el punto de vista práctico, y como se puede comprobar en la siguiente tabla, serán los contenidos y resultados de la investigación exploratoria los que definan el escenario y sub-escenario que ha de considerarse en la toma de decisiones en relación a las posteriores formas de actuación para estos emplazamientos en los que se haya de ejecutar una excavación exclusivamente por necesidades constructivas.

Escenario	Subescenario	Actuación ambiental	Tramitación ambiental
<p>C<sup>1</sup> &lt; VIE B para todos los contaminantes y TPH &lt; 500 mg/Kg y cumplimiento de los criterios RIVM</p>	<p>Si C &lt; VIE A y TPHs &lt; 50 mg/kg y se trata de suelo en el que no se observa la presencia de residuos de origen antrópico</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación exploratoria</li> <li>No es necesaria la supervisión ambiental de la excavación</li> <li>Comunicación inmediata al órgano ambiental en el caso de que durante la excavación se identificaran materiales diferentes a los naturales</li> <li>Posibilidad de gestión de los materiales excedentes en relleno autorizado</li> <li>Posibilidad de reutilización en el emplazamiento cumpliendo con las obligaciones que derivan de la Ley 22/2011, siempre que sea autorizado por el órgano ambiental</li> <li>Informe final de ejecución de la excavación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presentación de la investigación exploratoria</li> <li>Declaración de la calidad del suelo como no alterado incluyendo, si procede, autorización de la excavación</li> <li>Presentación del informe final de las actuaciones ejecutadas de acuerdo a la normativa vigente junto con la documentación acreditativa de éstas</li> <li>Resolución de aceptación de las actuaciones ejecutadas por el órgano ambiental</li> </ul>
	<p>Si C &lt; VIE A y TPHs &lt; 50 mg/kg y se trata de suelo en el que se observa la presencia de residuos antrópicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación exploratoria</li> <li>Plan de excavación selectiva</li> <li>Supervisión ambiental de la excavación graduable en función del destino de los materiales</li> <li>Comunicación inmediata al órgano ambiental en el caso de que durante la excavación se identificaran materiales diferentes a los naturales</li> <li>Si se prevé la gestión externa del material excavado a vertedero o a planta de tratamiento, será necesaria la caracterización según los requerimientos del Decreto 49/2009 o según los parámetros que exija el gestor</li> <li>Informe final de ejecución de la excavación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presentación de la investigación exploratoria y del plan de excavación selectiva</li> <li>Declaración de la calidad del suelo como no alterado incluyendo, si procede autorización de la excavación</li> <li>Presentación del informe final de ejecución de las actuaciones realizadas de acuerdo a la normativa vigente junto con la documentación acreditativa de éstas y cumpliendo los requerimientos de la Resolución de autorización de la misma</li> <li>Resolución de aceptación de las actuaciones ejecutadas por el órgano ambiental</li> </ul>
<p>Si C &gt; VIE A y/o 50 mg/kg &lt; TPH &lt; 500 mg/kg con cumplimiento de los criterios RIVM<sup>2</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación exploratoria</li> <li>Plan de excavación selectiva</li> <li>Supervisión ambiental de la excavación</li> <li>Comunicación inmediata al órgano ambiental en el caso de que durante la excavación se identificaran materiales diferentes a los naturales</li> <li>Investigación de la calidad del suelo remanente si se detectan materiales de origen antrópico durante la excavación</li> <li>No se podrá rellenar el hueco de excavación sin el posicionamiento del órgano ambiental sobre la calidad del suelo remanente</li> <li>Informe final de las actuaciones ejecutadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presentación de la investigación exploratoria y del plan de excavación selectiva</li> <li>Resolución que autoriza el plan de excavación selectiva</li> <li>Presentación del informe final de ejecución de la actuaciones de acuerdo a la normativa vigente junto con la documentación acreditativa de éstas y cumpliendo los requerimientos de la Resolución de autorización de la misma</li> <li>Resolución de aceptación de las actuaciones ejecutadas</li> <li>Declaración de calidad del suelo supeditada a resultados del muestreo de calidad del suelo remanente</li> </ul>	

<sup>1</sup> C: concentración de cada contaminante

<sup>2</sup> Una de las contaminaciones habituales en los suelos, está asociada a la presencia de hidrocarburos del petróleo (TPHs), para los cuales no se ha definido VIE aunque si existe un valor de referencia en el RD 9/2005 de 50 mg/kg, a partir del cual se requiere una valoración de riesgos ambientales. De forma práctica, se ha adoptado el siguiente criterio de referencia adicional para valorar el grado de impacto de estos compuestos en el suelo, con el mismo significado de un VIE B: 500 mg/kg y concentraciones por debajo de las referencias holandesas contenidas en el RIVM report 711701023, 2001 (y referencias posteriores).

Tabla 1. Excavación por necesidades constructivas



Escenario	Subescenario	Actuación ambiental	Tramitación ambiental
<p>C &gt; VIE B (para uno o más contaminantes) y/o</p> <p>TPH &gt; 500 mg/kg</p> <p>y/o</p> <p>TPH &gt; 500 mg/kg y no cumple criterios RIVM*</p>	<p>Se excava la TOTALIDAD de la superficie del emplazamiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación exploratoria, que incluirá la caracterización exhaustiva del material a excavar en función de sus posibles destinos (muestreo y analítica según Decreto 49/2009 para gestión externa según unidades de decisión. Otras analíticas a plantear en función del tratamiento/destino de los materiales a excavar) y plan de excavación selectiva</li> <li>No se presentará un análisis de riesgos que considere el material que será excavado por proyecto constructivo. Sin embargo, podría ser necesario presentar, como parte de la investigación detallada un análisis de riesgos en relación al material remanente tras la excavación o de dispersión y/o la caracterización de la pluma de contaminación que haya podido alcanzar emplazamientos colindantes</li> <li>Supervisión ambiental de la excavación</li> <li>Sólo se podrá reutilizar en el emplazamiento suelo con <math>C &lt; VIE\ B</math> y <math>TPH &lt; 500\ mg/kg</math> y cumpliendo RIVM considerando las obligaciones que derivan de la Ley 22/2011, siempre que sea autorizado por el órgano ambiental</li> <li>Determinación de la calidad del suelo remanente al final del proyecto de excavación o cuando se disponga de datos que indiquen que se ha llegado a niveles de suelo con <math>C &lt; VIE\ B</math> y <math>TPH &lt; 500\ mg/kg</math> y cumpliendo el criterio RIVM. Una vez se han alcanzado esas concentraciones objetivo, la excavación no tendrá más condicionantes ambientales que los señalados por la normativa de residuos</li> <li>Investigación de la calidad suelo remanente tras la excavación:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>Si Cremanente <math>&lt; VIE\ B</math> y/o <math>C_{TPH} &lt; 500\ mg/kg</math> y cumpliendo criterio RIVM; fin excavación;</li> <li>Si Cremanente <math>&gt; VIE\ B</math> y/o <math>C_{TPH} &gt; 500\ mg/kg</math> o incumplimiento criterio RIVM; sobreexcavar hasta cumplir con Cremanente <math>&lt; VIE\ B</math> y/o <math>C_{TPH} &lt; 50\ mg/kg</math> o análisis de riesgos ambientales</li> <li>Si Cremanente <math>&lt;</math> objetivos de saneamiento obtenidos del análisis de riesgos; fin de la excavación</li> </ul> </li> <li>No se podrá rellenar el hueco de excavación sin el posicionamiento del órgano ambiental sobre la calidad del suelo remanente</li> <li>Informe final de las actuaciones ejecutadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presentación de la investigación exploratoria y la detallada, incluyendo el plan de excavación selectiva</li> <li>Resolución que autoriza el plan de excavación</li> <li>Presentación del informe final de ejecución de la actuaciones de acuerdo a la normativa vigente junto con la documentación acreditativa de éstas y cumpliendo los requerimientos de la Resolución de autorización de la misma</li> <li>Declaración de calidad del suelo supeditada a la correcta gestión de los materiales excavados y a los resultados del muestreo de calidad del suelo remanente</li> </ul>
<p>Se excava PARTE de la superficie del emplazamiento</p>	<p>Se aplicarán todos los criterios que se mencionan en el apartado relativo al caso "se excava la TOTALIDAD de la superficie del emplazamiento" además de la necesidad de presentación como parte de la investigación detallada de un análisis de riesgos que, en este caso, no considerará el material que será excavado por proyecto constructivo y abarcará, si es necesario, tanto la superficie del emplazamiento sobre la que no se realiza ninguna excavación como el suelo remanente de la parte sometida a excavación</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presentación de la investigación exploratoria y la detallada incluyendo el plan de excavación selectiva (en los casos definidos en la celda anterior)</li> <li>Resolución que autoriza el plan de excavación</li> <li>Presentación del informe final de ejecución de la actuaciones de acuerdo a la normativa vigente junto con la documentación acreditativa de éstas y cumpliendo los requerimientos de la Resolución de autorización de la misma</li> <li>Declaración de calidad del suelo supeditada a la correcta gestión de los materiales excavados y a los resultados del muestreo de calidad del suelo remanente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presentación de la investigación exploratoria y la detallada incluyendo el plan de excavación selectiva (en los casos definidos en la celda anterior)</li> <li>Resolución que autoriza el plan de excavación</li> <li>Presentación del informe final de ejecución de la actuaciones de acuerdo a la normativa vigente junto con la documentación acreditativa de éstas y cumpliendo los requerimientos de la Resolución de autorización de la misma</li> <li>Declaración de calidad del suelo supeditada a la correcta gestión de los materiales excavados y a los resultados del muestreo de calidad del suelo remanente</li> </ul>

Tabla 2. Excavación por necesidades constructivas

### 3.2 ENTIDADES ACREDITADAS

Según se establece en los artículos 2 y 3 del Decreto 199/2006, las entidades acreditadas son aquellas que se dedican a la investigación y recuperación de la calidad del suelo y que poseen la acreditación correspondiente por parte del órgano ambiental. Estos son todas o algunas de las actuaciones que desarrollan las entidades acreditadas:

- Diseño y ejecución de las investigaciones exploratoria y/o detallada de la calidad del suelo, incluyendo, en su caso, la realización de análisis químicos en campo.
- Diseño de medidas de recuperación de la calidad del suelo.
- Supervisión de la ejecución de medidas de recuperación de la calidad del suelo.
- Ejecución de medidas de recuperación de la calidad del suelo, mediante técnicas de tratamiento “in situ”, “on site” u “off site”, exceptuando aquéllas realizadas en plantas fijas o consistentes en la excavación y deposición controlada.
- Diseño y ejecución de las investigaciones de la calidad del suelo remanente tras la adopción de medidas de recuperación.
- Diseño y ejecución de medidas de control y seguimiento de la calidad del suelo.
- Diseño y supervisión de la ejecución de medidas preventivas y/o de defensa cuando éstas formen parte del contenido de una Declaración de Calidad del Suelo.

Aunque los trabajos de excavación pueden ser ejecutados por empresas que realizan excavaciones en el ámbito de la construcción, han de ser supervisados siempre por empresas acreditadas que serán responsables además del diseño de los planes de excavación y la investigación del suelo remanente.

A continuación, se añade un listado de empresas acreditadas en el País Vasco que pueden realizar las labores descritas anteriormente.

Nombre de la entidad acreditada	Contacto	Web
AECOM URS ESPAÑA, S.L.U.	C/Ormetxe 18, local 48992 Getxo	<a href="http://www.aecom.com">www.aecom.com</a>
AFESA MEDIO AMBIENTE, S.A.	C/Idorsolo 15, Edif. San Isidro II 48160 Derio	<a href="http://www.afesa.es">www.afesa.es</a>
APPLUS NORCONTROL, S.L.U	Avda. Lehendakari Aguirre 9, 5º izq. 48014 Bilbao	<a href="http://www.appluscorp.com">www.appluscorp.com</a>
BASOINSA, S.L.	C/ Doctor Luis Bilbao Libano 11 48940 Leioa	<a href="http://www.basoinsa.com">www.basoinsa.com</a>
BEFESA GESTIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES, S.L.	Polígono Industrial Granada C/D-3 bajo 48530 Ortuella	<a href="http://www.befesa.es">www.befesa.es</a>

*Tabla 3. Listado de entidades acreditadas para la recuperación de suelos contaminados (Euskadi.eus)*

#### **4 ACTUACIONES PREVIAS A LA PREPARACIÓN DEL PLAN DE EXCAVACIÓN**

En este apartado se realiza una breve descripción de las actuaciones previas a la redacción del Plan de Excavación. El alcance de cada una de esta fase está desarrollado en la Ley 4/2015 y en el Anexo II del Decreto 199/2006, además de en el Real Decreto 9/2005.

Dichas actuaciones deben tenerse en cuenta a la hora de plantear una excavación sobre suelos afectados en su calidad. En la siguiente tabla se presentan dichas actuaciones previas y su utilidad para el Plan de Excavación.

Acción	Utilidad de cara al plan de excavación
Investigación exploratoria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento del medio físico general: geología, hidrogeología, climatología, topografía, etc.</li> <li>• Estudio histórico de las actividades industriales, para definición de focos potenciales de contaminación y contaminantes a considerar; en su caso, estudio de ruina industrial, localización de infraestructuras, etc.</li> <li>• Identificación de zonas afectadas por la presencia de contaminantes en concentraciones superiores a VIE-A y evaluación del material a excavar como residuo (u otros en función del uso final previsto)</li> <li>• Determinación de la presencia y caracterización del agua subterránea de cara a determinar la necesidad de llevar a cabo una investigación detallada y a definir su forma de gestión, si se encuentra a la profundidad de excavación</li> <li>• Caracterización de materiales a excavar según su gestión futura prevista</li> </ul>
Investigación detallada Análisis de riesgos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delimitación espacial de la afección al suelo tanto en superficie como en profundidad para los diferentes medios afectados</li> <li>• Funcionamiento hidrogeológico: sentido de flujo del agua subterránea, permeabilidad, dispersión de la afección, etc.</li> <li>• Caracterización de materiales a excavar según su uso/destino previsto de acuerdo al proyecto constructivo</li> <li>• Análisis de riesgos para el uso actual y o previsto en aquellas zonas que no serán excavadas por necesidades constructivas y para otros medios, como las aguas subterráneas o superficiales</li> <li>• Cálculo de los niveles objetivo de saneamiento (calidad de suelo remanente) en función de los usos de la parcela y su entorno relacionado</li> <li>• Establecimiento de límites de excavación para saneamiento</li> <li>• Cálculo de niveles de protección para los trabajadores y el entorno (plan de vigilancia ambiental)</li> </ul>
Investigación detallada Estudio de alternativas de saneamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de alternativas de saneamiento</li> <li>• Diseño del plan de excavación como solución de saneamiento o como parte de otra forma de gestión o tratamiento</li> </ul>
Estudio de caracterización y gestión de los residuos de construcción y demolición (estudio de la ruina industrial). Proyecto de demolición selectiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inventario, caracterización y clasificación de materiales/residuos/instalaciones abandonados</li> <li>• Investigación de la contaminación de edificios</li> <li>• Proyecto de demolición selectiva</li> <li>• Plan de control y seguimiento ambiental</li> <li>• Gestión de la seguridad y salud laboral</li> </ul>

Tabla 4. Actuaciones previas y su utilidad en el Plan de Excavación

## 5 PLAN DE EXCAVACIÓN SELECTIVO

Como se ha comentado en el apartado 3 del presente anejo, con el fin de obtener las correspondientes licencias y autorizaciones que permitan el movimiento de tierras en un emplazamiento que hubiera soportado una actividad o instalación potencialmente contaminante del suelo, se requerirá que las actuaciones de excavación sean informadas y autorizadas por la Viceconsejería de Medio Ambiente, de forma previa a su ejecución.



Será preciso que, a través de una entidad acreditada para ello, que se realice un diseño detallado de todas las acciones previstas, que se recogerá en el plan de excavación selectiva.

El plan garantizará el seguimiento y control ambiental de la excavación, optimizando y acreditando la correcta reutilización o gestión/tratamiento de los materiales excavados. En la tabla siguiente se presenta un esquema simplificado de los documentos a incluir en el plan de excavación junto algunas consideraciones de mínimos sobre el alcance asociado a cada uno de ellos.

<b>DOCUMENTO 1: MEMORIA</b>	
Introducción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descripción del ámbito del plan de excavación</li> </ul>
Objeto de los trabajos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Justificación de la necesidad de la excavación; especificación de si los trabajos se deben a saneamiento del suelo, necesidades constructivas o una combinación de ambos</li> </ul>
Antecedentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resumen de trabajos realizados previamente en el emplazamiento y/o del proyecto constructivo, incluyendo datos de caracterización de suelos y aguas subterráneas</li> <li>Estado de las tramitaciones ambientales previas, como por ejemplo la declaración de calidad del suelo</li> </ul>
Estado actual del emplazamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situación de la parcela; estado de edificios y accesos</li> <li>Localización (en el sentido horizontal y vertical) y volumen de suelos a excavar clasificados en función de su caracterización y destino</li> </ul>
Valoración de alternativas de gestión de los suelos excavados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluación de las alternativas incluyendo los criterios para su elección</li> <li>Propuesta justificada de la mejor alternativa</li> </ul>
Excavación y gestión de los suelos excavados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descripción del plan de muestreo in situ y/o en acopios</li> <li>Descripción de las tareas básicas de los trabajos de excavación y posterior gestión</li> <li>Identificación de los destinos seleccionados para los materiales procedentes de la excavación</li> </ul>
Dirección ambiental de la obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descripción de los trabajos que realizará la dirección ambiental de la obra, tales como la supervisión e investigación del suelo remanente.</li> <li>Propuesta de entidad acreditada y de los integrantes del equipo técnico, incluyendo curriculum vitae, que participarán en esas labores</li> </ul>
Plazo de ejecución	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cronograma en el que se desglosen los trabajos a ejecutar</li> </ul>
Presupuestos <i>(este capítulo no es necesario para tramitar la autorización ambiental)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resumen de los costes de los trabajos que se ejecutarán en el emplazamiento</li> </ul>
Anejos a la memoria	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reportaje fotográfico</li> <li>Resultados de las investigaciones realizadas</li> <li>Estudio de alternativas de saneamiento</li> <li>Plan de obra</li> <li>Documento de aceptación de los materiales excavados en su destino</li> <li>Lista de comprobación del proyecto según el modelo preestablecido (Anexo I. Check list)</li> </ul>
<b>DOCUMENTO 2: PLANOS</b>	
Localización del emplazamiento	
Distribución de las antiguas instalaciones	
Resultados analíticos de suelos, aguas subterráneas y superficiales y de cualquier otro medio o material	
Delimitación de zonas a excavar y calidad de los materiales en estas áreas	
Localización de la propuesta de muestreo adicional a los materiales a excavar (en caso de que sea necesario)	
Localización de la propuesta de muestreo del suelo remanente	
<b>DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES</b> <i>(no imprescindible para tramitar la autorización ambiental)</i>	
Disposiciones generales	Condiciones necesarias para ejecutar los trabajos de excavación y posterior gestión
Alcance de los trabajos	Descripción detallada de todas las actuaciones desde la aprobación del proyecto hasta el fin de obra
<b>DOCUMENTO 4: PRESUPUESTOS</b> <i>(no necesario para tramitar la autorización ambiental)</i>	
Desglose de los presupuestos de los trabajos a ejecutar	
<b>DOCUMENTO 5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL</b>	
Estudio o plan de seguridad y salud (según corresponda)	

Tabla 5. Contenido del Plan de excavación



## 5.1 INFORMES DE SEGUIMIENTO Y FINAL

Tras la finalización de la ejecución de la excavación, la entidad acreditada contratada para ello deberá elaborar un informe que recoja todos los datos e incidencias que se hayan producido durante el trabajo. Este informe se presentará a la Viceconsejería de Medio Ambiente para su valoración final y declaración de calidad del suelo.

En particular se deberá informar sobre el volumen total de cada uno de los diferentes tipos de materiales excavados, sus destinos finales y de las desviaciones producidas respecto a la previsión inicial. Se aportará información sobre la calidad del suelo y en caso de que sea necesario, del agua remanente y se justificará su adecuación a los valores de referencia considerados (VIE de aplicación o concentraciones objetivo derivados del análisis de riesgos), junto con los resultados del plan de vigilancia ambiental.

Deberá además incluir una serie de anejos que permitan comprobar la siguiente información:

- Planos y perfiles de la excavación en los que se delimiten claramente las zonas de excavación y relleno y aquellas en las que se haya reutilizado material excavado, con indicación de la afección presente en el mismo. También se deberá ubicar gráficamente la posición de las muestras de caracterización inicial y de suelo remanente.
- Reportaje fotográfico de las distintas fases de la excavación, que permita visualizar situaciones de detalle y vistas generales.
- Fichas de seguimiento ambiental de la excavación.
- Fichas de avance del tratamiento de suelos y aguas subterráneas contaminadas, si es el caso.
- Cronograma real de las actuaciones.
- Boletines analíticos originales.
- Documento de control y seguimiento y de aceptación o tratamiento/destrucción emitidos en los destinos de los materiales excavados.

Es posible, que en función de la duración y complejidad del proyecto se exija por parte del órgano ambiental la remisión de informes de seguimiento, cuyo contenido será similar al expuesto, adecuándolo a las tareas realizadas en cada periodo.

## **6 METODOLOGÍA PARA LA EJECUCIÓN DE PLANES DE EXCAVACIÓN EN SUELOS AFECTADOS EN SU CALIDAD**

Con objeto de facilitar la ejecución de los trabajos, a continuación, se describen las directrices medioambientales y técnicas para la ejecución de excavaciones en suelos alterados o contaminados.

### **6.1 TRABAJOS PRELIMINARES**

Con anterioridad al inicio de una excavación deben tenerse en cuenta una serie de gestiones a realizar para llevar a buen fin la misma. Entre estos trámites se incluyen la elección de los contratistas autorizados para la ejecución de los diferentes trabajos, conocer la ubicación de los diferentes servicios subterráneos (agua, luz, etc.) y obtener los permisos administrativos pertinentes.

#### **6.1.1 SELECCIÓN DE CONTRATISTAS**

La ejecución de un proyecto de excavación requiere de la participación de distintos tipos de contratistas especializados que puedan atender a los diversos tipos de tareas implicadas. De forma esquemática, entre los trabajos que se incluyen en una excavación se encuentran los siguientes:

- Supervisión medioambiental de la excavación.
- Muestreo y caracterización de los materiales a excavar.
- Vigilancia ambiental: controles atmosféricos y de ruido.
- Interpretación de resultados ambientales.
- Coordinación de seguridad y salud.
- Excavación y movimientos de tierras.
- Transporte, tratamiento y/o gestión de residuos, suelos y aguas.
- Verificación de la calidad del suelo remanente.
- Redacción de informes de seguimiento y final.

De acuerdo al Decreto 199/2006 de la Comunidad Autónoma del País Vasco, los contratistas que desarrollen los trabajos de tratamiento de suelos y aguas, supervisión medioambiental y verificación de la calidad del suelo remanente, entre otros, deberán ser entidades acreditadas en la investigación y recuperación de la calidad del suelo en la Comunidad Autónoma del País Vasco. Dichas entidades han sido recogidas en el apartado 3.2 del presente anejo.

### **6.1.2 OBTENCIÓN DE PERMISOS**

Aprobado el plan de excavación por parte de la Viceconsejería de Medio Ambiente, se podrá proceder a la obtención del resto de permisos para el inicio de las obras.

Antes del inicio de los trabajos, será necesario conseguir licencia de obra para la excavación. La solicitud de esta licencia deberá ser formulada por el promotor de la obra, en este caso el Ayuntamiento de Bilbao, para su aprobación. En los casos de proyectos de urbanización, la licencia de obras aprobada para estos trabajos serviría también para la excavación.

Cuando se prevea la gestión de los suelos excavados a vertedero, el gestor seleccionado deberá contar con la correspondiente autorización como gestor de residuos en la Comunidad Autónoma. En la siguiente tabla se indica los vertederos y gestores autorizados en el País Vasco.

### **6.1.3 INFORMACIÓN SOBRE SERVICIOS AFECTABLES**

Antes del inicio de los trabajos de excavación, normalmente desde la fase de investigación exploratoria, es imprescindible identificar todas las infraestructuras presentes en el emplazamiento para evitar posibles incidencias durante los trabajos y prever la necesidad de modificar alguna línea con anterioridad.

En el caso de servicios públicos enterrados, tales como tuberías de agua, gas y saneamiento y cables de comunicaciones y electricidad, será necesario contactar con las diversas compañías con el fin de comprobar que no existen líneas de servicio que pudieran verse afectadas durante las operaciones. Se deberá solicitar la entrega, por parte de los servicios públicos, de planos que faciliten la localización de dichos servicios, que deberán adjuntarse en el plan de excavación.

En esta misma fase, se deberá solicitar la conexión a aquellos servicios que sean necesarios durante los trabajos, tales como el abastecimiento de agua y electricidad.

## 6.2 DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE TRABAJO

A partir de los resultados de las investigaciones previas y del proyecto constructivo a ejecutar se deberán definir las zonas correspondientes a los diferentes tipos de materiales que deben ser excavados.

Las zonas afectadas por los trabajos se marcarán en campo mediante un sistema de balizado que permitirá identificarlas de forma clara y que ayude a definir las distintas zonas de paso, acopio y oficinas de forma que no interfieran unas con otras.



*Figura 2. Balizado de zonas de excavación*

Además de señalar los distintos sectores que conformarán las zonas de trabajo, es conveniente acotar de forma particular otras áreas:

- Zonas superficiales afectadas por contaminantes que se señalarán de forma específica de forma que se evite una exposición accidental de los trabajadores.
- Zonas con presencia de infraestructuras que requerirán un protocolo específico de actuación durante la excavación. Dentro de éstas, deberán quedar debidamente protegidas aquellas que correspondan a servicios en activo y que no deban ser afectadas por la excavación.

Puesto que durante la excavación quedarán expuestos superficialmente terrenos con contaminantes será necesario que toda la zona de obra esté perfectamente acotada y protegida frente a la entrada de personal no autorizado.

### **6.3 PREPARACIÓN DE ZONAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL, TRÁNSITO Y DESCONTAMINACIÓN**

Dentro de los trabajos previos de preparación de la parcela, con frecuencia será necesario realizar labores previas de desbroce y retirada de escombros u otro tipo de materiales, de forma que se facilite el acceso a las diferentes zonas de trabajo y se pueda proceder a su acondicionamiento.

En relación al acondicionamiento básico previo a la excavación, se irán preparando todas aquellas zonas auxiliares que se prevean necesarias: áreas a utilizar en el acopio temporal de suelos excavados y recogida de lixiviados, las de tránsito de camiones y maquinarias, de lavado para maquinarias y recogida de las aguas, así como las de oficinas, vestuarios y aparcamiento.

#### **6.3.1 ZONA DE ACOPIO TEMPORAL**

La zona de almacenamiento temporal (acopios) se deberá adecuar para recibir el material excavado en espera de su caracterización final o transporte. Esta zona deberá encontrarse impermeabilizada con el objetivo de evitar una potencial infiltración de lixiviados al suelo, además de para garantizar que no se afecten terrenos, en principio no alterados, debido al contacto con los suelos excavados. Igualmente, deberá prepararse una zona para la recogida de lixiviados, que evite que éstos entren en contacto con el terreno circundante y puedan infiltrarse de forma incontrolada.

En el caso de estudio, debido al reducido espacio en el interior de la parcela y a la imposibilidad de realizar el acopio en una zona cercana ya que se trata de una zona urbana residencial, se propone realizar el transporte directo tras la excavación, a su destino final (tratamiento, relleno, vertedero). Si esta opción no fuese viable por la aparición de cuellos de botella entre las labores de extracción del suelo y su transporte, lo cual se resumiría en los camiones parados esperando en el emplazamiento para poder cargar, se dispondrán contenedores entre 15-25 toneladas, a fin de no tener tiempos muertos en la carga y transporte.



### **6.3.2 ZONAS DE TRÁNSITO DE CAMIONES**

Las zonas de tránsito de camiones dentro del emplazamiento serán en un solo sentido y se organizarán de forma que tengan el recorrido mínimo imprescindible, evitando el cruce entre maquinarias. Preferentemente, estas zonas deberán estar asfaltadas o engavilladas para evitar la formación de lodo.

En la medida de lo posible, se procurará que existan entradas y salidas de camiones por separado con el fin de evitar incidentes y demoras en el movimiento de la maquinaria. En el caso que nos concierne, debido al reducido espacio, la entrada y salida se realizará por la misma zona. Esta, deberá ser amplia y con preferencia para los camiones que salgan del emplazamiento que deberán cumplir estrictamente con la legislación de transporte de residuos.

### **6.3.3 ZONA DE LIMPIEZA DE MAQUINARIA**

Será imprescindible además disponer de una zona de limpieza de maquinaria antes de salir del emplazamiento con el fin de evitar cualquier tipo de afección a áreas externas. Las aguas provenientes del lavado de las ruedas se deberán caracterizar para proceder a su gestión posterior de acuerdo a su naturaleza.

## **6.4 EQUIPOS E INSTALACIONES AUXILIARES**

Dentro de las instalaciones de servicios asociados a la excavación, se deberán instalar casetas que cumplan la función de oficinas y zona de descontaminación, incluyendo vestuario y baños para el personal que trabajará en la obra.

Estas deberán localizarse en zonas cercanas a algún acceso del emplazamiento con el fin de que todo el personal de obra tenga que pasar por la zona de descontaminación en cada momento que entre o salga del emplazamiento. Además, se encontrarán a la máxima distancia posible de las zonas de excavación y acopio temporal para minimizar el riesgo potencial de exposición a las zonas donde se concentran los materiales contaminados.

## **6.5 MUESTREO “IN SITU” DE LOS SUELOS A EXCAVAR**

Una de las fases críticas del diseño de los planes de excavación selectiva es la caracterización adecuada de los materiales a extraer.

En aquellos casos en los que la excavación se plantee por requerimientos del proyecto constructivo, como es el caso de estudio, esta información servirá para determinar el destino de los materiales extraídos en función del grado de contaminación detectada. El conocimiento de la calidad de los suelos implicados en la excavación tendrá además una relación directa con el diseño de medidas de vigilancia y control durante la excavación y con la elaboración del plan de seguridad para los trabajadores implicados.

En los casos en los cuales el proyecto de excavación ha venido acompañado por una investigación detallada, aunque el nivel de información proporcionado haya sido superior al correspondiente a una fase exploratoria, esta información no tiene porqué ser necesariamente suficiente para la preparación de un plan de excavación selectiva adecuado. Esto se debe a que las investigaciones detalladas suelen ir orientadas a la caracterización y delimitación de las áreas contaminadas siendo secundaria la caracterización adicional de parámetros relacionados con los posibles tratamientos a aplicar o con la posibilidad de depositar el material a excavar en vertederos autorizados.

Las campañas de muestreo y caracterización específicas se pueden plantear de dos formas: o bien a través del muestreo in situ (previamente a la excavación) o bien tras la realización de acopios una vez excavado el material. En cualquiera de los casos, el plan de excavación selectiva deberá justificar la alternativa por la que se opte.

Como práctica general, la caracterización detallada de los materiales a excavar se realizará preferentemente de forma previa a la elaboración del plan de excavación selectiva con objeto de que la discriminación de estos materiales se realice partiendo de datos suficientes en relación a la naturaleza y distribución de éstos.

Si por causas justificadas no fuera posible proceder de esta manera, el plan de excavación deberá incorporar la descripción detallada de la metodología a utilizar con este fin de manera que pueda ser valorada por el órgano ambiental en el marco de la autorización de la excavación.

En cuanto a la unidad de decisión para la caracterización in situ de los suelos, esta puede definirse como aquel volumen de material, de características homogéneas, sobre el cuál es posible definir un destino concreto en base a los tipos y valores de contaminantes que presente. Estas unidades de decisión no han de superar los 500 m<sup>3</sup> salvo cuando se pueda justificar la homogeneidad de volúmenes mayores. Se utilizarán los criterios de la siguiente tabla para definir el volumen de las unidades de decisión.

Volumen de excavación (m <sup>3</sup> )	Volumen de la unidad de decisión (m <sup>3</sup> )
0<V≤1.000	100
1.000<V≤5.000	250
5.000<V≤10.000	350
V>10.000	500

Tabla 6. Volúmenes de las unidades de decisión

En el caso de estudio, se disponen de 809,94 m<sup>3</sup> de volumen de excavación de suelos contaminados por lo que el volumen de la unidad de decisión será de 100 m<sup>3</sup>, en los que se deberá realizar los muestreos correspondientes. Por otra parte, se propone realizar el muestreo “in situ” por dos motivos fundamentales. Uno de ellos corresponde con la imposibilidad de acopiar la totalidad del volumen en el emplazamiento para un realizar un “muestreo en el acopio”. Además, es recomendable realizar el muestreo “in situ” ya que se conocen las características de los materiales antes de excavarlos, lo que permite una gestión más limpia, eficiente, específica y posibilita la redacción temprana del Plan de Excavación.

## 6.6 TÉCNICAS DE EXCAVACIÓN DE SUELOS. MAQUINARIA

El tipo de maquinaria usada principalmente en trabajos de excavación es la retroexcavadora, entre las que destacan, principalmente, la retroexcavadora de orugas y la de llantas neumáticas. La selección del tipo y tamaño de retroexcavadora dependerá de las condiciones del emplazamiento y del material a excavar.



Figura 3. Retroexcavadora de orugas

Dentro de las características del emplazamiento que definen la tipología de retroexcavadora que se usará en un proyecto es fundamental tener en cuenta el grado de pendiente del emplazamiento, presencia de agua, tipo y grado de consolidación de los suelos y el estado del nivel superficial.

A continuación, se mencionan algunos de los condicionantes más frecuentes a la hora de seleccionar la maquinaria más adecuada:

En el caso que se deba excavar y mover grandes volúmenes de suelo sin ser necesario que la retroexcavadora ejecute desplazamientos, es recomendable el uso de retroexcavadoras de orugas. Por otro lado, si es necesario que la retroexcavadora se mueva constantemente por el emplazamiento, se aconseja el uso de retroexcavadora de llantas neumáticas.

Si la excavación se realiza en zonas de accesibilidad limitada y de poca movilidad, será necesario el uso de miniexcavadoras (tipo Bobcat®).

Para excavaciones profundas, y para reducir la ejecución de plataformas dentro de la excavación, se seleccionarán retroexcavadoras de brazo largo.

Si entre el material a excavar se encuentran zonas hormigonadas o roca de alta dureza, será necesario el uso de martillos neumáticos.



*Figura 4. Martillo neumático de retroexcavadora*

En el caso en que la contaminación se distribuya de manera heterogénea y sea necesaria la separación con precisión de las diferentes tipologías de suelos o afección, será necesario el uso de cazos de menor volumen.

Si la excavación se debe realizar en las cercanías de infraestructuras en uso y con el fin de evitar cualquier tipo de incidencia (roturas o golpes), se recomienda la excavación manual, cumpliendo todas las normativas de seguridad, y, si es posible, el corte del suministro por el tiempo que se desarrollen dichos trabajos.

En el caso de estudio, se prevé que la mejor maquinaria a utilizar serán las miniexcavadoras tipo Bobcat, ya que, el emplazamiento cuenta con unas características favorables para su uso (suelos fácilmente excavables, pendiente horizontal, inexistencia de agua, etc.) y constituye un espacio accesibilidad limitada y de poca movilidad. Aun así, la decisión final deberá ser tomada por la Dirección de Obra junto con la entidad acreditada encargada de gestionar los suelos contaminados.

### **6.7 CARGA Y TRANSPORTE DE SUELOS EXCAVADOS**

Los suelos excavados deberán ser cargados y transportados a la zona de almacenamiento temporal (acopios) o, directamente, a su destino final (tratamiento, relleno, vertedero). Para ejecutar estos trabajos es habitual el uso de camiones volquete y camiones bañera con capacidades entre 13 y 24 m<sup>3</sup> respectivamente.

En el caso de estudio se propone el transporte directo a su destino final tras la carga, ya que no se excavarán grandes volúmenes y no se dispone de suficiente sitio para el acopio, por lo que, en principio, no serán necesarios contenedores. En el caso del transporte directo fuera inviable, sí que se recomienda la de carga de los suelos excavados en contenedores entre 15-25 toneladas ya que es recomendable para casos como el que nos concierne donde se efectúa una excavación de pequeños volúmenes de suelos en emplazamientos limitados. Posteriormente, estos contenedores pueden ser transportados por camiones a su destino final.





*Figura 5. Contenedores tipo para acopio de suelos excavados*

Otro método de carga de los suelos excavados es mediante big-bags. Este método es favorable cuando se trata de un volumen pequeño de residuos y evita el uso de maquinaria pesada para la carga.

Tanto los camiones, como los contenedores deben cumplir la normativa correspondiente para el almacenamiento y transporte de residuos (Ley 10/1998).

## **6.8 CRONOGRAMA**

Como cualquier actividad que implique una exposición a productos tóxicos, los proyectos de excavación selectiva se deberán planificar de forma que se reduzcan al máximo las posibilidades de entrar en contacto los receptores con los contaminantes. Por ello, en la medida de lo posible es conveniente comenzar la excavación desde las zonas de mayor afección hacia las menos alteradas. Esto evitará o al menos minimizará además las consecuencias que puede tener la excavación en si misma sobre la calidad del suelo.

Es fundamental por tanto el planteamiento de un cronograma que tenga en cuenta la coordinación de actividades que permita el mejor ajuste de los periodos de trabajo. A este respecto, el director de los trabajos deberá planificar cuidadosamente la coordinación de diferentes servicios.

En general, el ritmo del proyecto estará limitado por la capacidad de salida de materiales, esto es por la agilidad en la fase de gestión externa. Debido a este hecho, la coordinación con los gestores de los residuos será clave en todo el proceso y se recomienda que se inicie en una fase temprana del proyecto.

En cuanto al cronograma, en este caso, se dotará de un tiempo de 15 días laborables al inicio de los trabajos para gestiones (obtención de licencias, gestión de subcontratistas acreditados, laboratorios, gestores de residuos y transportistas acreditados) derivadas del tratamiento de los suelos contaminados.

## 7 ALTERNATIVAS DE USO PARA LOS SUELOS EXCAVADOS

Aunque en la actualidad el destino más frecuente para los suelos excavados es su gestión a vertedero externo, existen otras opciones medioambientalmente que permiten una mayor conservación del recurso, y que deberán considerarse como parte fundamental bien del estudio de alternativas de recuperación, en el caso de que la excavación se realice por motivos de saneamiento, bien del proyecto de excavación selectiva, si son motivos constructivos los que impulsan la extracción de materiales en terrenos afectados en su calidad.

Las distintas actuaciones posibles sobre los suelos excavados se decidirán en función de sus características fisicoquímicas, así como de otro tipo de factores como: el beneficio y el impacto ambiental de las medidas posibles, el coste económico, el tiempo disponible, la operativa, etc.

A grandes rasgos, los suelos excavados podrían ser objeto de las siguientes alternativas de gestión:

- Reutilización sin tratamiento previo.
- Tratamiento para su posterior reutilización o gestión en vertedero autorizado.
- Gestión directa a vertedero autorizado.

### 7.1 REUTILIZACIÓN

La reutilización consiste en dar al material excavado un nuevo uso considerando sus características fisicoquímicas.

Si las concentraciones obtenidas de los suelos excavados no superasen el VIE-A, y estos fueran suelos naturales, podrán ser reutilizados en rellenos autorizados tanto fuera como dentro del emplazamiento de origen.

Si, por el contrario, las concentraciones de contaminantes de los suelos excavados superasen VIE-A, pero no alcanzasen VIE-B (y la concentración de TPH no superara los

500 mg/kg ni ninguno de los límites establecidos para las diferentes fracciones de referencia del RIVM), los suelos excavados podrían ser reutilizados únicamente dentro del emplazamiento de origen, específicamente en zonas que presenten las mismas características ambientales y usos para los que el riesgo sea aceptable.

Cualquier cambio con respecto a los criterios de gestión deberá ser consultado por escrito el órgano ambiental para que resuelva al respecto.

## 7.2 TRATAMIENTO

La excavación de suelos afectados en su calidad se realiza en ocasiones para facilitar su tratamiento, en el propio emplazamiento o en instalaciones externas. Los tratamientos que reducen, eliminan o inmovilizan las sustancias contaminantes facilitan que el suelo pueda soportar nuevos usos contribuyendo de esta manera a conservar el recurso. En ocasiones, fundamentalmente cuando el tiempo no es una limitación, suele ser además una opción más económica que la gestión a vertedero.

Los distintos procesos de tratamiento tienen los siguientes objetivos en función del destino final que se dará a estos materiales:

- Disminuir las concentraciones de los distintos compuestos contaminantes en los materiales excavados que puedan implicar algún tipo de riesgo inaceptable para la salud humana o los ecosistemas o de movilización hacia otros recursos naturales. La reutilización de los productos del tratamiento es una tendencia reconocida en Europa, siempre y cuando quede garantizada la protección ambiental de la parcela de destino.
- Reducir la concentración o inmovilizar algún contaminante que condicione el tipo de gestión del material excavado con la finalidad de una reducción de costes en la eliminación vertedero. Dentro de estos tratamientos, la inertización es uno de los procedimientos más comunes.

### 7.3 GESTIÓN A VERTEDEROS AUTORIZADOS

Actualmente, la eliminación en vertedero autorizado es el método de gestión de material de excavación más común y comprende la recogida, transporte y deposición de los materiales excavados a vertederos autorizados (para residuos peligrosos, no peligrosos e inertes).

El procedimiento general para determinar la admisibilidad de residuos en los vertederos consiste en una caracterización básica (a realizar por el productor o poseedor del residuo), las pruebas de conformidad (de verificación de la caracterización básica pero no obligatorias para el caso de suelos excavados ya que se trata de residuos generados de forma no regular) y la verificación del tipo de residuos (a realizar por la entidad explotadora del vertedero).

A continuación, se expone el protocolo de caracterización básica que deberá ser considerado dentro de los planes de excavación de suelos afectados en su calidad cuando el destino final sea un vertedero autorizado.

#### 7.3.1 CARACTERIZACIÓN BÁSICA

La caracterización básica es el primer paso del procedimiento de admisión de residuos en vertedero autorizado. De acuerdo a la legislación vigente, esta caracterización aportará información en relación a los siguientes aspectos.

- Fuente y origen del residuo.
- Procesos que han generado el residuo (descripción y características de las materias primas y de los productos).
- Composición del residuo (olor, color, forma física).
- Resultados analíticos según pruebas incluidas en el Decreto 49/2009, de 24 de febrero.
- Comportamiento de lixiviación del residuo.
- Código conforme a la lista europea de residuos (Decisión 2001/118/CE de la Comisión).
- Propuesta de tipo de vertedero donde puede admitirse el residuo.

### 7.3.2 CRITERIOS DE ADMISIÓN EN VERTEDEROS

En la tabla siguiente se presentan los valores límite de aceptación recogidos en el Decreto 49/2009 para las distintas clases de vertedero.

Componente	Valores límite de aceptación mediante ensayo de lixiviación UNE-EN 12457-4 para L/S = 10 l/kg (mg/kg de materia seca)			Valores límite de aceptación mediante ensayo de percolación prEN 14405 (Co, en mg/l)		
	en vertedero para residuos inertes	en vertedero para residuos peligrosos	en vertedero para residuos peligrosos	en vertedero para residuos inertes	en vertedero para residuos peligrosos	en vertedero para residuos peligrosos
As	0,5	2	25	0,06	0,3	3
Cd	0,04	1	5	0,02	0,3	1,7
Cr total	0,5	10	70	0,1	2,5	15
Cu	2	50	100	0,6	30	60
Hg	0,01	0,2	2	0,002	0,03	0,3
Mo	0,5	10	30	0,2	3,5	10
Ni	0,4	10	40	0,12	3	12
Pb	0,5	10	50	0,15	3	15
Sb	0,06	0,7	5	0,1	0,15	1
Se	0,1	0,5	7	0,04	0,2	3
Zn	4	50	200	1,2	15	60
Fluoruro	10	150	500	2,5	40	120
Ba	20	100	300	4	20	60
Cloruro	800	15.000	25.000	460	8.500	15.000
Sulfato	1.000 (1)	20.000	50.000	1.500	7.000	17.000
STD (2)	4.000	60.000	100.000	—	—	—
Índice de fenol	1	—	—	0,3	—	—
COD (3)	500	800	1.000	160	250	320

Tabla 7. Valores límite de aceptación para clase de vertedero

Para los casos de compuestos que no hayan sido considerados en las tablas anteriores (cianuro, lindano, etc.), será necesario contactar caso por caso con el gestor del vertedero con objeto de valorar las posibilidades de admisión en función de las autorizaciones de que este disponga. La información sobre gestores, transportistas y vertederos autorizados en la Comunidad Autónoma del País Vasco se encuentra recogida en la página web del Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco.



En el siguiente apartado se darán algunos ejemplos de vertederos, gestores y transportistas acreditados en el entorno del País Vasco.

#### 7.4 GESTORES, VERTEDEROS Y TRANSPORTISTAS AUTORIZADOS EN EL PAÍS VASCO

A continuación, se añaden varias tablas donde se recogen algunos ejemplos referentes a gestores, transportistas y vertederos autorizados.

TRANSPORTISTAS DE RESIDUOS PELIGROSOS DEL PAÍS VASCO		
Nombre empresa transportes	Contacto	Municipio
EKO-GUARDI, S.L.	943 802 016	Trapaga
SOCEGAR, S.A.	944 977 177	Zamudio
RECYPILAS, S.A.	944 711 395	Erandio
LIMPIEZAS NERVIÓN	944 836 726	Zierbena
SERCONTROL, 2000, S.L.	944 105 357	Amorebieta

Tabla 8. Transportistas de residuos peligrosos autorizados en el País Vasco

GESTORES AUTORIZADOS DEL PAÍS VASCO	
Nombre empresa/persona	Contacto
AITOR GOSTÍN GARCÍA	666 502 466
ACIDEKA, S.A.	944 425 022
BEFESA, S.L.	944 967 300
CECOTRANS BIZKAIA	944 613 636
CONTENOR, S.L.	944 862 625

Tabla 9. Gestores autorizados del País Vasco

INSTALACIONES DE RESIDUOS PELIGROSOS DEL PAÍS VASCO		
Nombre de la empresa	Nº de autorización	Contacto
FCC ÁMBITO	EU 2/073/02	944 911 908
SADER	AAI-16-I-01-000000000044	<a href="mailto:sader@sader.es">sader@sader.es</a>
HONDAKIN, S.L.	EU 2/238/15	943 707 041
SOGECAR, S.A.	AAI-16-I-01-000000000052	944 977 177
BEFESA GESTIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES S.L.	EU 2/156/07	<a href="mailto:jesus.omar@befesa.abengoa.com">jesus.omar@befesa.abengoa.com</a>

Tabla 10. Instalaciones autorizadas de residuos peligrosos del País Vasco.

## 7.5 CONCLUSIONES

En nuestro caso de estudio, se desestima la reutilización del suelo contaminado ya que en el emplazamiento la totalidad de suelos excavados constituyen excedentes del movimiento de tierras, siendo nulo el volumen de rellenos necesario.

En cuanto a la opción de tratamiento “in situ” del suelo, aunque es una opción muy económica en comparación con las demás, se valora como imposible ya que el tiempo de ejecución y el espacio son limitados.

Por lo tanto, se propone la alternativa de gestión directa a un vertedero autorizado. Esta opción, remite un coste considerable sobre el coste total del movimiento de tierras, pero supondrá la rápida y eficiente gestión del suelo contaminado en base a los siguientes beneficios:

- El gestor se encargará de la recogida, transporte y deposición en vertedero del suelo contaminados, lo cual, supondrá una mayor eficiencia en la gestión (ya que conoce de primera mano los procedimientos a seguir).
- Reducirá riesgos de contaminación del suelo no contaminado al estar el menor tiempo posible en contacto con él.
- Solucionará los problemas de acopio del suelo contaminado en la obra, ya que el espacio es muy limitado.

## 8 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO REMANENTE

El objetivo del muestreo y análisis del suelo/material remanente tras un saneamiento y en algunos casos, tras una excavación selectiva, será la obtención de la información necesaria para validar las actuaciones realizadas desde el punto de vista ambiental. Es decir, para garantizar que el material que quedara en el emplazamiento cumple con los objetivos previamente establecidos.

La excavación sobre suelos afectados en su calidad se puede plantear como sistema de saneamiento o relacionada con actividades constructivas, independientemente de que fuera necesario realizar un saneamiento. Aunque la finalidad de la excavación en ambos casos es diferente se deberá justificar a su finalización, que el suelo remanente en la parcela es apto para los usos actuales o previstos.

Por otro lado, cuando la excavación se produzca por motivos constructivos, como es el caso de estudio, la caracterización del suelo remanente podría no ser necesaria siempre y cuando:

- pueda justificarse en base a los resultados de la caracterización de los materiales excavados que, ni en la zona de excavación ni en sus bordes se ha detectado la presencia de materiales con concentraciones superiores a los valores máximos admisibles para los usos previstos o,
- la excavación haya avanzado más allá de los niveles identificados con afección y se aporte información justificativa suficiente de que la extensión final de la excavación alcanza terreno natural. Para ello será necesario suministrar los datos de caracterización analítica del nivel a partir del cual se actuó sobre niveles de suelo natural.

Tampoco será obligatoria la caracterización de la calidad del suelo remanente cuando la excavación haya alcanzado niveles rocosos, que por su propia naturaleza no será necesario muestrear.

En cuanto al caso de estudio, con el fin de garantizar la estabilidad de las paredes de excavación será necesario proceder a la construcción de los muros de contención definitivos. En este caso será necesario proceder a la caracterización del suelo remanente.

El muestreo se realizará preferentemente sobre las superficies expuestas del hueco de excavación, pero si esto no fuera posible por la urgencia de construir las paredes del hueco, deberán tomarse muestras mediante sondeos ubicados en los límites perimetrales del hueco, que alcancen la profundidad máxima de excavación (6 metros). El número de sondeos se determinará de acuerdo a los criterios de la siguiente tabla.

La caracterización del suelo remanente será realizada por una entidad acreditada para esta función de acuerdo al sistema de acreditación establecido en el Decreto 199/2006.

### 8.1 TOMA DE MUESTRAS

Tal como se ha mencionado anteriormente, el apartado D del anexo II del Decreto 199/2006 describe con detalle cómo ha de diseñarse el programa de muestreo, incluyendo directrices sobre el número, ubicación y profundidad de los puntos de muestreo necesarios para una correcta caracterización del suelo remanente.

Esta norma define unos estándares mínimos en cuanto al número y ubicación de las muestras, aunque, dada la complejidad y variedad de situaciones, cada verificación del suelo remanente puede requerir un plan de muestreo específico que contemple cada una de las particularidades técnicas. En el caso de que la propuesta de muestreo se desviará del procedimiento general, esta desviación deberá ser justificada dentro del plan de excavación para su consenso con el órgano ambiental.

El número de puntos de muestreo se calculará en función, fundamentalmente, de la superficie a muestrear descartándose la utilización de muestras compuestas para la caracterización del suelo remanente.

En la siguiente tabla se presenta el número de puntos de muestreo a ubicar en el fondo de la excavación en función a la superficie excavada.

Superficie saneada (m <sup>2</sup> )	Número mínimo de puntos de muestreo
< 50	1
51 – 100	2
101 –150	3
151-250	4
251-400	5
401-600	6
601-800	7
801-1000	8
> 1000	8 + 1 muestra cada 300 m <sup>2</sup>

*Tabla 11. Número de puntos de muestreo para la determinación de la calidad del suelo remanente (por m<sup>2</sup>)*

Para el aparcamiento de la calle Caleros, la superficie saneada corresponde con la superficie de suelo contaminados que se ha excavado, la cual, en el aparcamiento de la calle Caleros ha supuesto una superficie de 809,94 m<sup>2</sup> por lo que se deberá realizar el muestreo en 8 puntos de la superficie en mención.

## 9 PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El plan de vigilancia ambiental tiene como objetivo controlar el potencial impacto sobre la calidad ambiental de los distintos medios que pueden estar influenciados por los trabajos de excavación y establecer las correspondientes medidas de protección. En este sentido, se realizarán mediciones en los posibles medios afectados antes, durante y después de los trabajos de excavación con el fin de determinar si se están produciendo impactos asociados a la ejecución del movimiento de tierras.

Este programa de vigilancia, acompañado de una propuesta de medidas correctoras, se incluirá en el plan de excavación y se presentará al órgano ambiental para que proceda a su revisión y autorización, pudiendo éste incluir consideraciones adicionales que deberán ser tenidas en cuenta por la dirección ambiental de la obra.

En el caso de pequeños movimientos de tierras o aquellos que se realicen en zonas poco vulnerables (por ejemplo, alejados de zonas urbanas, de cursos de agua), se podrá incluir en el plan una evaluación cualitativa de impactos, que sirva para justificar la no realización de mediciones específicas, aunque en cualquier caso se deberán describir las medidas de reducción de potenciales afecciones al entorno que se tendrán en cuenta.



Los trabajos de vigilancia ambiental en lo que se refiere a la calidad del suelo deberán ser ejecutados por una entidad acreditada (ver apartado 3.2) según se establece en el artículo 3 del Decreto 199/2006, de 10 de octubre.

Con la periodicidad que establezca el órgano ambiental se procederá a informar de los resultados obtenidos y de las actuaciones realizadas en materia de protección ambiental para los trabajadores y el entorno del emplazamiento objeto de actuación.

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 7- ESTRUCTURA PRINCIPAL***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	118
2	MODELO DE CÁLCULO .....	118
3	NORMATIVA .....	120
4	ACCIONES CONSIDERADAS .....	121
4.1	GRAVITATORIAS .....	121
4.2	VIENTO .....	122
4.3	SISMO .....	122
4.4	HIPÓTESIS DE CARGA .....	123
5	SITUACIONES DE PROYECTO .....	123
5.1	COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD (• • • Y COEFICIENTE DE COMBINACIÓN .....	123
5.2	COMBINACIONES .....	125
6	LISTADO DE PAÑOS .....	126
7	ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN .....	126
8	MATERIALES UTILIZADOS .....	126
8.1	HORMIGONES .....	126
8.2	ACEROS POR ELEMENTO Y POSICIÓN .....	126
9	CIMENTACIÓN .....	127
9.1	MUROS PANTALLA .....	127
9.1.1	DESCRIPCIÓN .....	127
9.1.2	CARGAS .....	131
9.1.3	CÁLCULO .....	139
9.1.3.1	MURO PANTALLA TIPO 1 .....	140
9.1.3.2	MURO PANTALLA TIPO 2 .....	153
9.1.3.3	MURO PANTALLA TIPO 3 .....	165
9.1.3.4	MURO PANTALLA TIPO 4 .....	177
9.1.4	COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA .....	186
9.2	LOSA DE CIMENTACIÓN .....	189
9.2.1	DESCRIPCIÓN .....	189

9.2.2	COMPROBACIÓN DE LAS TENSIONES DEL TERRENO BAJO LAS VIGAS DE CIMENTACIÓN .....	190
9.2.3	COMPROBACIONES ELU DE LAS VIGAS DE CIMENTACIÓN .....	190
9.2.4	COMPROBACIONES DEL ARMADO DE LAS VIGAS DE CIMENTACIÓN .....	191
9.2.4.1	PÓRTICO 1 .....	191
9.2.4.2	PÓRTICO 2 .....	192
9.2.4.3	PÓRTICO 3 .....	193
9.2.4.4	PÓRTICO 4 .....	194
10	ESTRUCTURA.....	196
10.1	PILARES .....	196
10.1.1	DESCRIPCIÓN .....	196
10.1.2	COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA Y EL ARMADO DE LOS PILARES .....	197
10.1.2.1	PILAR 1. TRAMO FORJADO (-3.5 – 0 m) .....	197
10.1.2.2	PILAR 2. TRAMO FORJADO (-3.5 – 0 m) .....	210
10.1.2.3	PILAR 3. TRAMO FORJADO (-3.5 – 0 m) .....	222
10.1.2.4	PILAR 4. TRAMO FORJADO (-3.5 – 0 m) .....	235
10.1.3	COMPROBACIONES ELU DE LOS PILARES .....	248
10.1.4	COMPROBACIÓN DEL ARMADO DE LOS PILARES .....	249
10.1.5	CONCLUSIONES .....	250
10.2	REFUERZOS .....	251
10.2.1	COMPROBACIONES DE PUNZONAMIENTO .....	252
10.3	FORJADO .....	258
10.3.1	DESCRIPCIÓN .....	258
10.3.2	COMPROBACIONES ELU DE LAS VIGAS DEL FORJADO .....	260
10.3.3	COMPROBACIONES DEL ARMADO DE LAS VIGAS DEL FORJADO .....	261
10.3.3.1	PÓRTICO 1 .....	261
10.3.3.2	PÓRTICO 2 .....	262
10.3.3.3	PÓRTICO 3 .....	263
10.3.3.4	PÓRTICO 4 .....	264

## 1 INTRODUCCIÓN

Mediante presente documento se dejará constancia de las dimensiones que tendrá los diferentes elementos estructurales que compondrán la estructura principal del aparcamiento de acuerdo a lo especificado en el Código Técnico de la Edificación y en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.

La cimentación del edificio estará constituida por una losa de cimentación y un muro pantalla que desciende hasta una profundidad de 6 metros bajo la cota de rasante (perimetral). La estructura constará de pilares hormigón armado. Y por último para la formación del forjado de la cubierta se ha proyectado un forjado reticular bidireccional. En este anejo se realizarán únicamente los cálculos de la estructura principal.

Los elementos de la estructura han sido calculados mediante el software Cype Ingenieros 2017, módulo CypeCad, para el cálculo de estructuras de hormigón armado.

## 2 MODELO DE CÁLCULO

El modelo empleado para el dimensionamiento de los elementos del edificio se ha creado con la intención de homogenizar las características de los elementos de hormigón armado, donde no se han previsto juntas de dilatación para corregir las acciones térmicas, ya que, según lo estipulado en el DB-SE-AE, Capítulo 3. Acciones variables, Apartado 3.4 Acciones térmicas, Sección 3.4.1 Generalidades, punto 3: “En edificios habituales con elementos estructurales de hormigón o acero, pueden no considerarse las acciones térmicas cuando no existan elementos continuos de más de 50 metros de longitud”. En el caso de estudio, debido a la reducida geometría del aparcamiento, no será necesario tener en cuenta dichas acciones.

Atendiendo la geometría del edificio, todo el peso de la cubierta estará soportado por los pilares y por los muros pantalla, que a su vez estos transmitirán las cargas a la losa y esta al terreno.



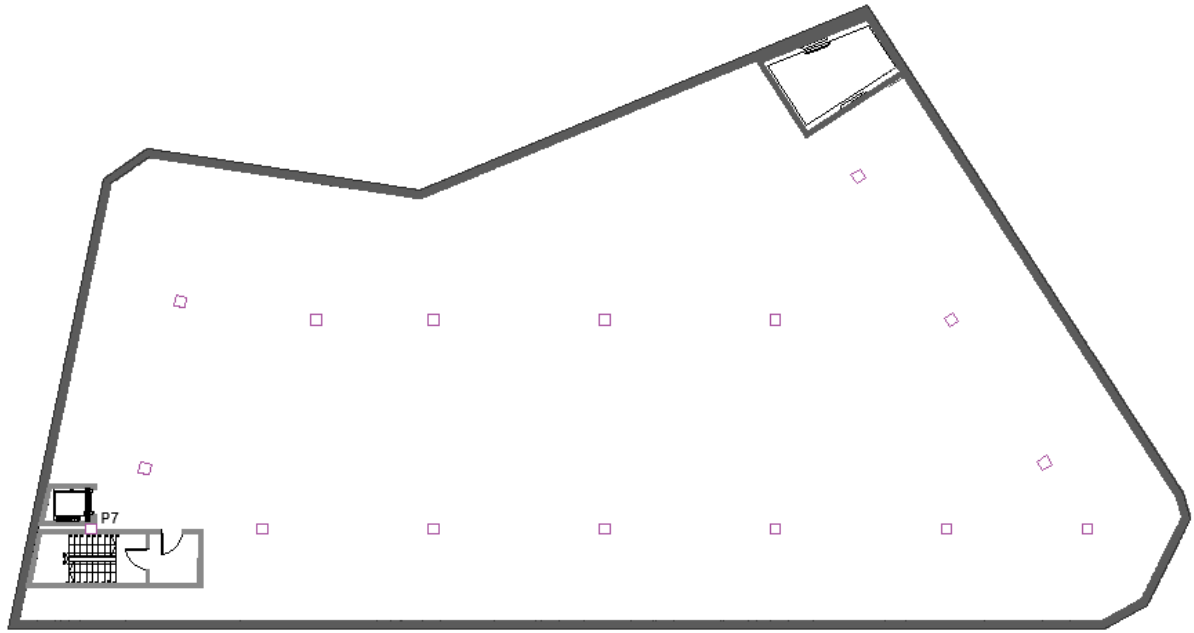


Figura 1. Distribución en planta de los pilares

Para simplificar el cálculo, se cogerá un tramo de cuatro pilares, tomando aquellos situados en las posiciones más desfavorables, es decir, donde hay mayores luces entre pilares que formen una cuadrícula, necesaria para poder realizar el cálculo. Para la modelización se situarán los pilares dejando un vuelo en losa y forjado con la misma distancia entre pórticos que hay entre la mitad de la distancia entre dos pilares contiguos, en el sentido longitudinal, y la mitad de la distancia entre los pilares y el muro, en el sentido transversal.

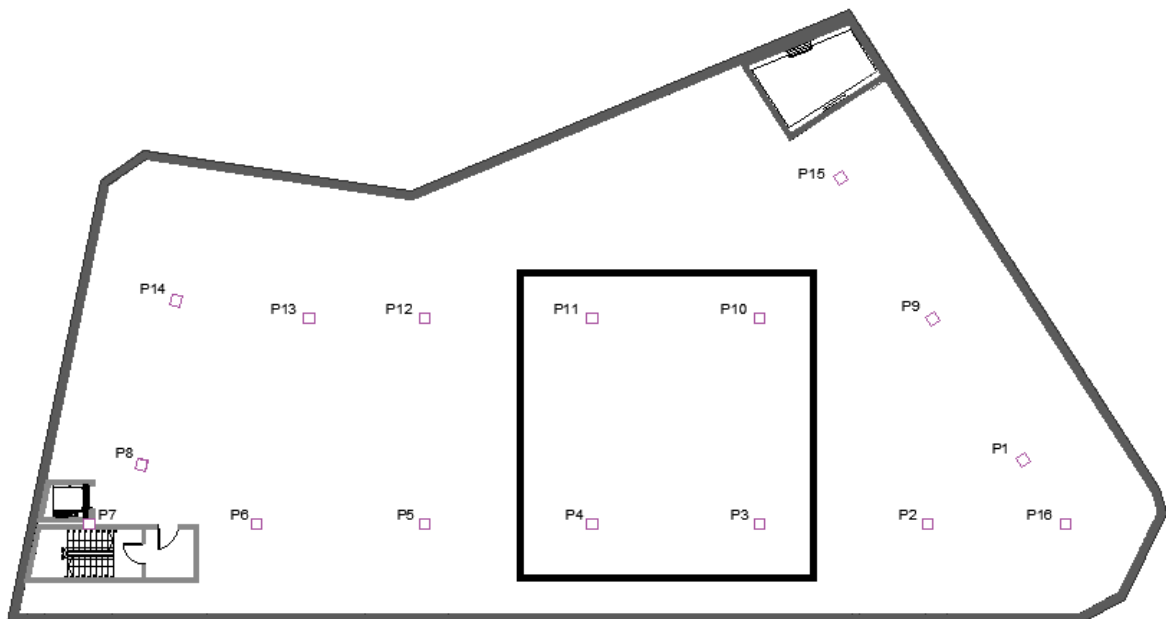
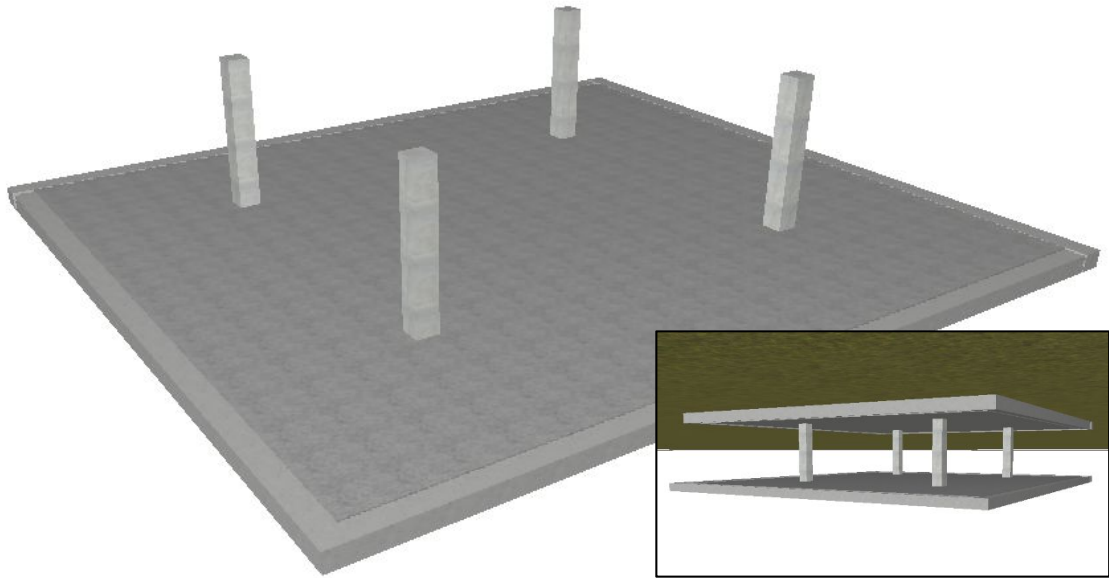


Figura 2. Tramo seleccionado para el cálculo de la estructura



*Figura 3. Modelo informático de cálculo (Vista 3D). Fuente CYPECAD*

En base a las características de la tipología de estructura elegida, se realizará el cálculo de la losa de cimentación, el forjado reticular y los pilares, así como, cualquier elemento que sea necesario para un correcto dimensionamiento de la estructura. Para dicho cálculo se tendrán en cuenta las sobrecargas uso estipulada por el CTE.

### 3 NORMATIVA

Las principales normativas empleadas para el diseño y el cálculo de la estructura del aparcamiento es la siguiente:

Código Técnico de la edificación:

- Documento Básico de Seguridad Estructural. Bases de Cálculo.
- Documento Básico de Seguridad Estructural. Acciones de la Edificación.
- Documento Básico de Seguridad Estructural. Cimientos
- Documento Básico de Seguridad Estructural. Fábrica.
- Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio.
- Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad.

Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

## 4 ACCIONES CONSIDERADAS

### 4.1 GRAVITATORIAS

Planta	Sobrecarga de uso		Cargas muertas (kN/m <sup>2</sup> )
	Categoría	Valor (kN/m <sup>2</sup> )	
Cubierta	C1	3.0	3.0
Cimentación	E	2.0	0.0

Tabla 1. Acciones gravitatorias sobre los elementos estructurales

Para la realización de los cálculos con el programa informático CYPE ha sido necesario determinar el valor de la sobrecarga de uso que actúa sobre la losa (cimentación) y sobre el forjado (cubierta) en base a los criterios del CTE.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	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 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)</sup> 0 <sup>(5)</sup>	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabla 2. Categorías de uso según CTE

De esta forma, siguiendo las indicaciones del Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico de Acciones estructurales, se considerará una sobrecarga 3 KN/m<sup>2</sup> sobre el forjado por tratarse de un espacio de tránsito correspondiente con la categoría C1 (Zonas de acceso público con mesas y sillas).

Además, se considerará el peso máximo que ejercerán las cargas muertas sobre la cimentación, el cual supone una carga de  $3 \text{ kN/m}^2$ , a fin de dimensionar la misma de acuerdo a las condiciones más desfavorables.

En cuanto a la sobrecarga de uso que será soportada por la losa de cimentación, se establece una sobrecarga de  $2 \text{ KN/m}^2$  correspondiente a la categoría E (Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros).

## 4.2 VIENTO

En base a las disposiciones del CTE DB SE-AE: Código Técnico de la Edificación. Documento Básico Estructural – Acciones en la edificación, el caso que nos concierne, no procede considerar las acciones del viento sobre el edificio ya que este es subterráneo.

## 4.3 SISMO

Las cargas por sismo se determinarán en función de la Norma de construcción sismoresistente (NSCE). De acuerdo con esta norma, la aceleración sísmica básica en el área de estudio es menor de  $0,04g$  siendo  $g$  la aceleración de la gravedad. Considerando el edificio como de importancia normal ( $\rho=1$ ), la aceleración de cálculo, producto de la aceleración básica y el coeficiente de riesgo, es menor de  $0,04g$ , por lo que no es preciso considerar los posibles efectos de un seísmo.

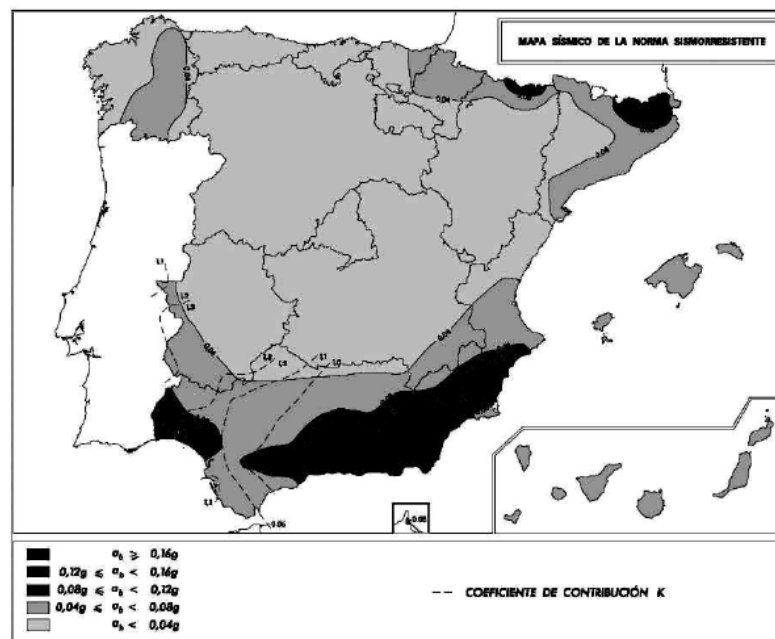


Figura 4. Mapa de sismicidad según el CTE

#### 4.4 HIPÓTESIS DE CARGA

Automáticas	Peso propio Cargas muertas Sobrecarga (Uso C1) Sobrecarga (Uso E)
-------------	----------------------------------------------------------------------------

Tabla 3. Hipótesis de carga

### 5 SITUACIONES DE PROYECTO

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

Donde:

$G_k$  Acción permanente

$P_k$  Acción de pretensado

$Q_k$  Acción variable

$\gamma_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$\gamma_P$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado

$\gamma_{Q,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{Q,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

$\Psi_{p,1}$  Coeficiente de combinación de la acción variable principal

$\Psi_{a,i}$  Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

#### 5.1 COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD ( $\gamma$ ) Y COEFICIENTE DE COMBINACIÓN ( $\psi$ )

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar son los siguientes:



**E.L.U. de rotura. Hormigón: EHE-08**

<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Sobrecarga (Q - Uso C)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso E)	0.000	1.500	1.000	0.700

*Tabla 4. Coeficientes en situación persistente o transitoria*

**E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08 / CTE DB-SE C**

<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q - Uso C)	0.000	1.600	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso E)	0.000	1.600	1.000	0.700

*Tabla 5. Coeficientes en situación persistente o transitoria*

**Tensiones sobre el terreno**

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q - Uso C)	0.000	1.000	1.000	1.000
Sobrecarga (Q - Uso E)	0.000	1.000	1.000	1.000

*Tabla 6. Coeficientes en situación persistente o transitoria*

**Desplazamientos**

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q - Uso C)	0.000	1.000	1.000	1.000
Sobrecarga (Q - Uso E)	0.000	1.000	1.000	1.000

*Tabla 7. Coeficientes en situación persistente o transitoria*

## 5.2 COMBINACIONES

PP Peso propio

CM Cargas muertas

Qa (C1) Sobrecarga (Uso C1. Zonas de acceso público con mesas y sillas)

Qa (E) Sobrecarga (Uso E. Zonas de tráfico y aparcamiento para vehículos ligeros)

### E.L.U. de rotura. Hormigón

Comb.	PP	CM	Qa (C1)	Qa (E)
1	1.000	1.000		
2	1.350	1.350		
3	1.000	1.000	1.500	
4	1.350	1.350	1.500	
5	1.000	1.000		1.500
6	1.350	1.350		1.500
7	1.000	1.000	1.500	
8	1.350	1.350	1.500	

Tabla 8. Combinaciones ELU de rotura. Hormigón. Fuente CypeCad

### E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08 / CTE DB-SE C

Comb.	PP	CM	Qa (C1)	Qa (E)
1	1.000	1.000		
2	1.600	1.600		
3	1.000	1.000	1.600	
4	1.600	1.600	1.600	
5	1.000	1.000		1.600
6	1.600	1.600		1.600
7	1.000	1.000	1.600	
8	1.600	1.600	1.600	

Tabla 9. Combinaciones ELU de rotura. Fuente CypeCad

### Tensiones sobre el terreno

#### Desplazamientos

Comb.	PP	CM	Qa (C1)	Qa (E)
1	1.000	1.000		
2	1.000	1.000	1.000	
3	1.000	1.000		1.000
4	1.000	1.000	1.000	

Tabla 10. Combinaciones de los desplazamientos. Fuente CypeCad

## 6 LISTADO DE PAÑOS

Forjado reticular:

Nombre	Descripción
FORJADO RETICULAR BIDIRECCIONAL CANTO 50 (40+10) (68x68x40 NERVIO 12 CM)	Forjado Reticular canto 50 (68x68x40 nervio 12 cm) Casetón perdido Nº de piezas: 1 Peso propio: 5.101 kN/m <sup>2</sup> Canto: 50 cm Capa de compresión: 10 cm Intereje: 80 cm Anchura del nervio: 12 cm

Tabla 11. Listado de paños. Fuente: CypeCad

## 7 ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN

Losa cimentación	Canto (cm)	Módulo balasto (kN/m <sup>3</sup> )	Tensión admisible en situaciones persistentes (MPa)	Tensión admisible en situaciones accidentales (MPa)
	40	1700.00	0.118	0.177

Tabla 12. Tabla de los elementos de cimentación. Fuente CypeCad

## 8 MATERIALES UTILIZADOS

### 8.1 HORMIGONES

Elemento	Hormigón	f <sub>ck</sub> (MPa)	γ <sub>c</sub>	Árido		E <sub>c</sub> (MPa)
				Naturaleza	Tamaño máximo (mm)	
Losa de cimentación	HA-25	25	1.50	Cuarcita	15	27264
Forjado	HA-25	25	1.50	Cuarcita	15	27264
Pilares	HA-25	25	1.50	Cuarcita	15	27264
Muros pantalla	HA-25	25	1.50	Cuarcita	15	27264

Tabla 13. Tabla de hormigón de la estructura. Fuentes: CypeCad

### 8.2 ACEROS POR ELEMENTO Y POSICIÓN

Elemento	Acero	f <sub>yk</sub> (MPa)	γ <sub>s</sub>
Todos	B 500 S	500	1.15

Tabla 14. Aceros en barra. Fuente: CypeCad

Tipo de acero para perfiles	Acero	Límite elástico (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
Acero conformado	S235	235	210
Acero laminado	S275	275	210

*Tabla 15. Aceros en perfiles. Fuente: CypeCad*

## 9 CIMENTACIÓN

Como queda reflejado en el estudio geotécnico, debido a la mala capacidad portante del suelo, y estar la base del edificio a demasiados metros de distancia del estrato rocoso, se realiza una cimentación profunda mediante la ejecución de una losa de cimentación y muros pantalla.

A continuación, se exponen los cálculos de los muros pantalla y la losa de cimentación realizados por medio del software Cype Ingenieros 2017.

### 9.1 MUROS PANTALLA

#### 9.1.1 DESCRIPCIÓN

Para realizar la excavación del terreno y poder construir el sótano en el que se realizará el aparcamiento se ejecutará un muro pantalla, que permitirá la extracción segura del terreno, mediante la colocación de varias vigas de celosía, con planchas metálicas y fijaciones, para emplazamientos con grandes luces, ya que, es más operativo desde el punto de vista de la ejecución que los puntales recogidos en los cálculos del muro, siendo estas celosías, capaces de soportar mayores esfuerzos que los puntales. Mediante el arriostramiento del terreno durante la fase de ejecución, se pretende asegurar la estabilidad del muro pantalla durante los trabajos de excavación de las tierras hasta que se rigidice definitivamente la pantalla mediante sus uniones al resto de la estructura

Debido a las características propias de esta construcción, se definen 4 tipos de muros atendiendo a las necesidades de integración del proyecto en el entorno urbano y la contención de tierras debido a su carácter subterráneo. Mencionar, que los muros pantalla sostendrán únicamente el terreno adyacente debido a que no se plantea realizar ningún tipo de estructura sobre la cubierta, ya que esta será peatonal.

A continuación, se hace una pequeña caracterización de la geometría de los mismos.

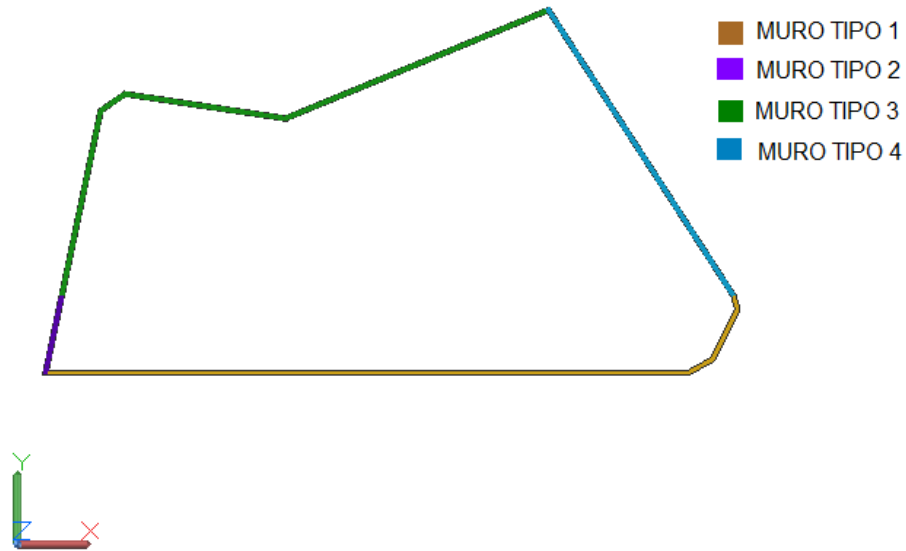


Figura 5. Vista en planta de los muros tipo. AutoCAD Civil 3D.

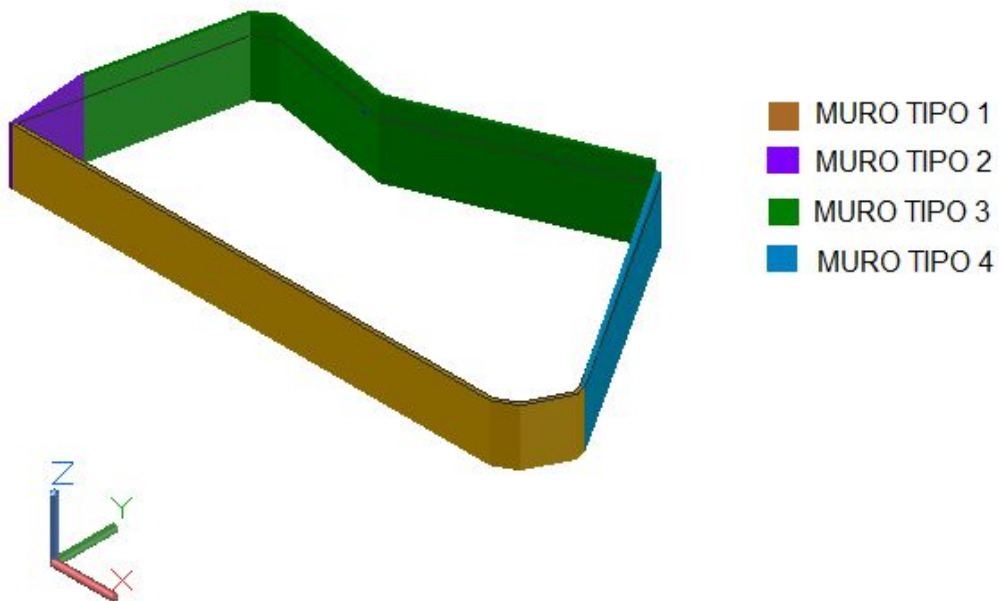


Figura 6. Vista 3D de los muros tipo. AutoCAD Civil 3D

Para realizar una mejor descripción de los muros en base a su ubicación y a la función que desempeñan en la integración del proyecto en el entorno, se han sobrepuesto los muros tipo sobre la ortofoto del emplazamiento.



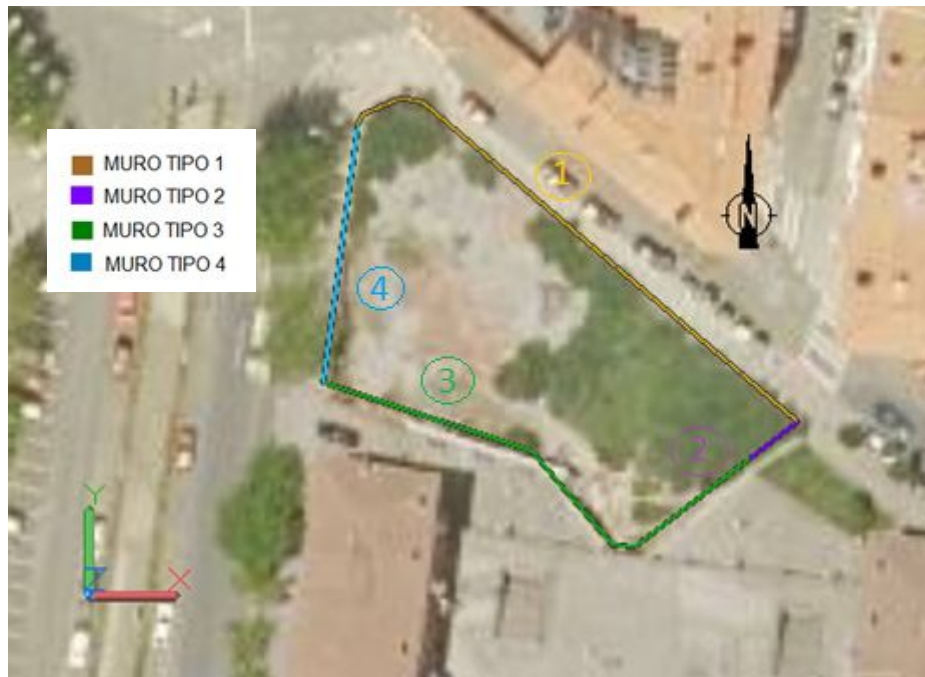


Figura 7. Ortografía del emplazamiento con muros tipo (Elaboración propia)

### MURO PANTALLA TIPO 1

El muro pantalla de hormigón armado Tipo 1 está situado en la cara noreste del emplazamiento bajo la acera del vial de la Estrada Caleros. En base a los cálculos realizados en el presente anejo, el muro consta de 58,8 metros de longitud, una altura total 6 metros bajo la cota de rasante y un espesor de 0,4 metros dado que su función es la contención de las tierras perimetrales fruto de la ejecución del aparcamiento subterráneo.

En cuanto a las cargas que soporta, por un lado, se encuentran las cargas por superficie total del forjado que este ejerce sobre el muro, peso propio de la losa (12 KN/m<sup>2</sup>) y sobrecarga de uso (3 KN/m<sup>2</sup>), y la carga uniforme de la acera (5 KN/m<sup>2</sup>).

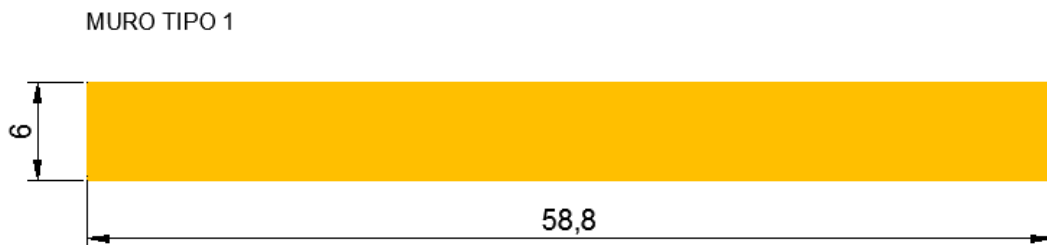
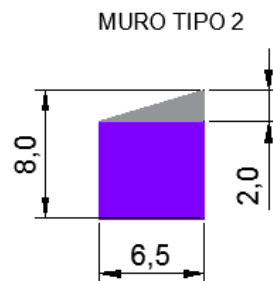


Figura 8. Dimensiones del muro pantalla Tipo 1

### MURO PANTALLA TIPO 2

El muro pantalla de hormigón armado Tipo 2 está situado en la cara sureste del emplazamiento junto a una jardinera y unas escaleras de acceso a las viviendas de la plaza Belategi. En base a los cálculos realizados en el presente anejo, el muro consta 0,4 metros de espesor y 6,5 metros de longitud, una altura total 8 metros, seis de ellos bajo rasante para la contención de las tierras colindantes y dos sobre la cota de rasante para facilitar la integración de la cubierta peatonal a la geometría de la edificación adyacente.

Las cargas que soporta, son las correspondientes a las cargas por superficie total del forjado que este ejerce sobre el muro, peso propio de la losa (12 KN/m<sup>2</sup>) y sobrecarga de uso (3 KN/m<sup>2</sup>).



*Figura 9. Dimensiones del muro pantalla Tipo 2*

### MURO PANTALLA TIPO 3

El muro pantalla de hormigón armado Tipo 3 está situado en la cara sur del emplazamiento junto a una zona de paso elevada, de acceso a las viviendas de la plaza Belategi. En base a los cálculos realizados en el presente anejo, el muro consta 0,4 metros de espesor, 52,5 metros de longitud y una altura total 8 metros, seis de ellos bajo rasante para la contención de las tierras colindantes y dos sobre la cota de rasante para facilitar la integración de la cubierta peatonal a la geometría de la edificación adyacente, la cual se eleva 2 metros sobre la cota superior del aparcamiento.

Las cargas que soporta, corresponden a las cargas por superficie total del forjado que este ejerce sobre el muro, peso propio de la losa (12 KN/m<sup>2</sup>) y sobrecarga de uso (3 KN/m<sup>2</sup>).

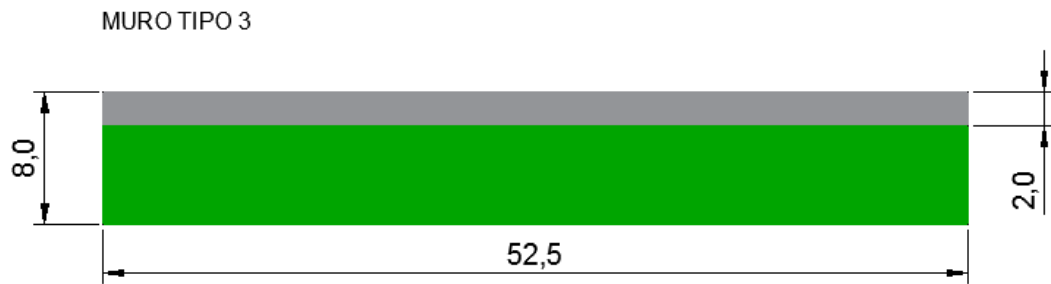


Figura 10. Dimensiones del muro pantalla Tipo 3

#### MURO PANTALLA TIPO 4

El muro pantalla de hormigón armado Tipo 4 está situado en la cara sureste del emplazamiento junto a la acera del vial de la Calle Gordóniz. En base a los cálculos realizados en el presente anejo, el muro consta 0,4 metros de espesor y 27,3 metros de longitud, una altura total 7 metros, seis de ellos bajo rasante para la contención de las tierras colindantes y uno sobre la cota de rasante para adaptar la cubierta peatonal a la pendiente del vial adyacente.

En cuanto a las cargas que soporta, por un lado, se encuentran las cargas por superficie total del forjado que este ejerce sobre el muro, peso propio de la losa ( $12 \text{ KN/m}^2$ ) y sobrecarga de uso ( $3 \text{ KN/m}^2$ ), y la carga uniforme de la acera ( $5 \text{ KN/m}^2$ ).

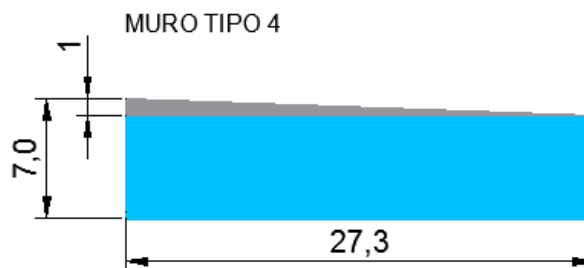


Figura 11. Dimensiones del muro pantalla tipo 4

#### **9.1.2 CARGAS**

Para poder calcular las dimensiones del muro, es necesario determinar las cargas que actuarán en cada caso. Existen dos tipos de cargas:

- Cargas losa superior o forjado.
- Cargas aceras colindantes (solo aplica en los muros 1 y 4).

Las cargas actuantes sobre la losa superior, se determinarán por metro cuadrado de muro, para realizar posteriormente los cálculos con el programa informático CYPE. De esta forma, siguiendo las indicaciones del Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico de Acciones estructurales, se considerará una sobrecarga 3 KN/m<sup>2</sup> en el forjado por tratarse de un espacio de tránsito correspondiente con la categoría C1 (Zonas de acceso público con mesas y sillas).

Además, se considerará el peso propio del forjado, que se considerará de 50cm, con una densidad de hormigón de 24 KN/m<sup>3</sup>.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	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 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)</sup> /20 <sup>(5)</sup>	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabla 16. Categorías de uso según CTE

Se determinan las cargas por superficie total del forjado, constituidas por la sobrecarga y el peso propio del forjado:

- Peso propio del forjado = 24 KN/m<sup>3</sup> x 0,5m = 12 KN/m<sup>2</sup>
- Sobrecarga de uso = 3 KN/m<sup>2</sup> = 3 KN/m<sup>2</sup>

De este modo se tiene obtiene una sobrecarga total de 12 KN/m<sup>2</sup> + 3 KN/m<sup>2</sup> = 15 KN/m<sup>2</sup>

Para poder calcular el esfuerzo que ejerce el forjado al muro pantalla se aplicará el método de la viga conjugada.

Para ellos se considerará la carga sobre un pórtico, teniendo en cuenta que se determinan las cargas por metro lineal, de forma que se descompongan las barras del pórtico como vigas simplemente apoyadas, y se determine de este modo el giro en cada vértice.

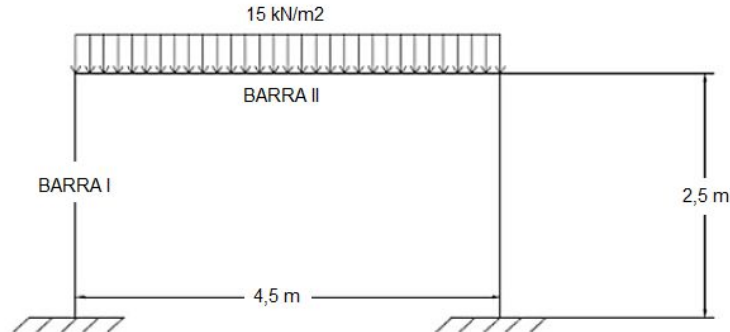


Figura 12. Cargas actuantes sobre el pórtico de estudio de estudio (Elaboración Propia)

Descomponemos el pórtico en barras, llamando Barra I al tramo AB y Barra II al tramo BC e indicando la carga que se aplica.

Al ser empotrado en los extremos nos harán falta dos ecuaciones de compatibilidad para ello usamos:

$$\Theta_{BII} = \Theta_{BI}$$

$$\Theta_A = 0$$

### **BARRA II**

Se comenzará el cálculo con la Barra II:

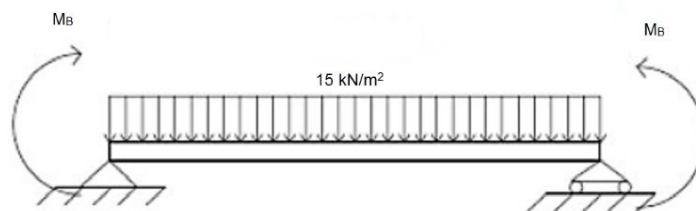


Figura 13. Barra II. Pórtico a estudio (Elaboración propia)

Aplicando superposición se descompone en dos estados:

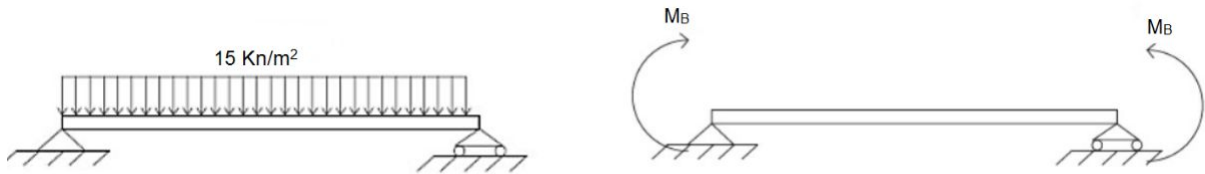


Figura 14. Método de superposición. (Elaboración propia)

Se calculan las reacciones y el diagrama de momento flectores en cada estado

Estado 1:

$$R_A = R_B = (15 \text{ KN/m}^2 \times 4,5\text{m}) / 2 = 34 \text{ KN/m}$$

Cortamos para hallar el momento ( $M_z$ ):

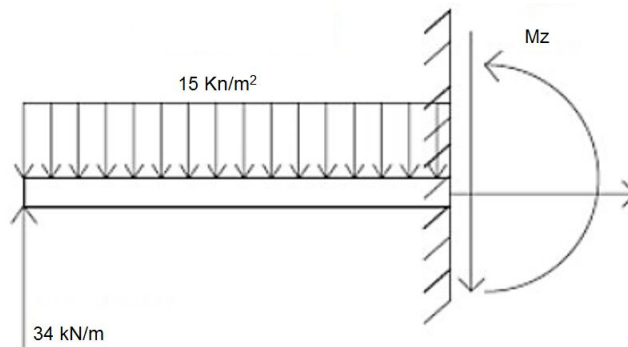


Figura 15. Aplicación del método de cortes en el estado 1. (Elaboración propia)

$$M_z = 34x - \frac{15x^2}{2} \text{ (KN}\cdot\text{m)}$$

$$x = 0; M_z = 0$$

$$x = 4,5; M_z = \int_0^{4,5} 34x - 7,5x^2$$

$$M_z = \left. \frac{34x^2}{2} - \frac{7,5x^3}{3} \right|_0^{4,5} = \frac{34 \cdot 4,5^2}{2} - \frac{7,5 \cdot 4,5^3}{3} = 116,44 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

Diagramas:



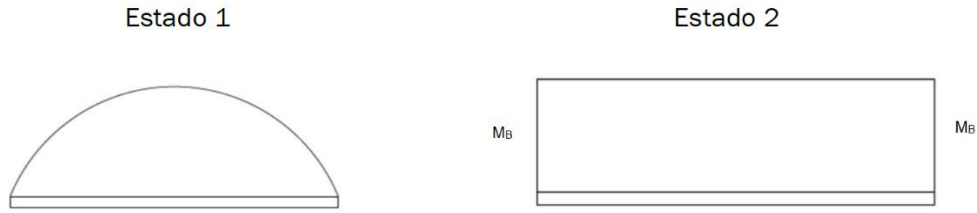


Figura 16. Diagrama de momentos flectores en el estado 1 y estado 2. (Elaboración propia)

Aplicando la viga conjugada:

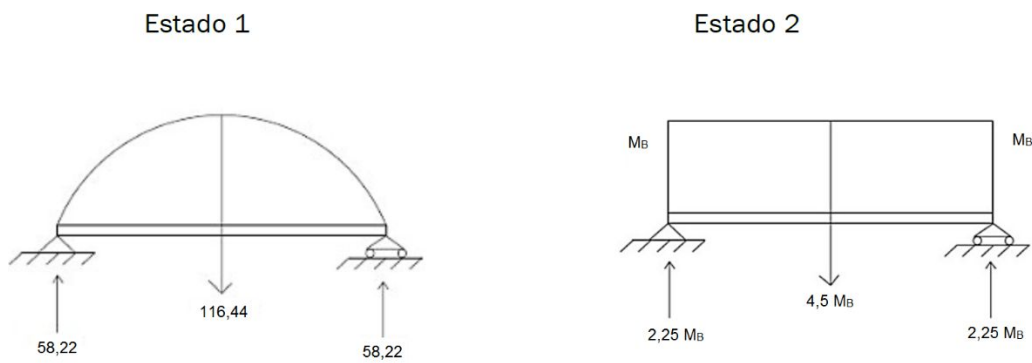


Figura 17. Método de la viga conjugada. (Elaboración propia)

Para hallar los esfuerzos, se aplica el método de áreas, hallando el área del rectángulo en el estado 2 y la de la parábola en el estado 1 (integrando).

Por consiguiente, se halla el giro en el punto B:

$$\Theta_{BII} = \frac{1}{E \cdot I} (2,25 M_B + 58,22)$$

**BARRA I**



Figura 18. Barra I. Pórtico a estudio. (Elaboración propia)

Aplicando la descomposición se descompone en dos estados:



Figura 19. Método de superposición. (Elaboración propia)

Se calculan las reacciones y el diagrama de momento flectores en cada estado.

Diagramas:



Figura 20. Diagramas de momentos flectores en E1, E2 y E3. (Elaboración propia)

Aplicando la viga conjugada:

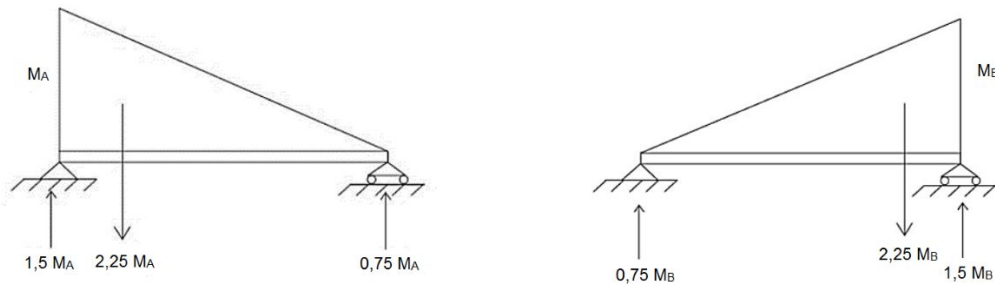


Figura 21. Método de la viga conjugada (Elaboración propia)

Para hallar los esfuerzos, se aplica el método de áreas, hallando el área del rectángulo en el estado 2-3 y la de la parábola en el estado 1 (integrando) más el triángulo.

Por consiguiente, se halla el giro en el punto A y B:

$$\Theta_A = \frac{1}{E \cdot I} (1,5 M_A + 0,75 M_B)$$

$$\Theta_{B1} = \frac{1}{E \cdot I} (-0,75 M_A - 1,5 M_B)$$

Por lo tanto, se procede a la resolución del sistema teniendo en cuenta ( $\Theta_{BII} = \Theta_{BI}$ ;  $\Theta_A = 0$ ):

$$\Theta_A = \frac{1}{E \cdot I} (1,5 M_A + 0,75 M_B)$$

$$\Theta_{BI} = \frac{1}{E \cdot I} (-0,75 M_A - 1,5 M_B)$$

$$\Theta_{BII} = \frac{1}{E \cdot I} (2,25 M_B + 58,22)$$

$$1,5M_A + 0,75M_B = 0$$

$$-0,75M_A + 1,5M_B = 58,22 + 2,25M_B$$

$$-0,75M_A + 3,375M_B + 58,22 = 0$$

$$x(-4,5) 1,5M_A + 0,75M_B = 0$$

$$-6M_A + 58,22 = 0$$

$$\mathbf{M_A = 9,7 \text{ KN} \cdot \text{m}}$$

$$\mathbf{M_B = \frac{-1,5M_A}{0,75} = -45,55 \text{ KN} \cdot \text{m}}$$

Se obtiene unos valores de:

$$M_A = 9,7 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$M_B = -45,55 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

El negativo, significa que hemos supuesto en sentido contrario el giro.

Aplicando estática hallamos las reacciones:

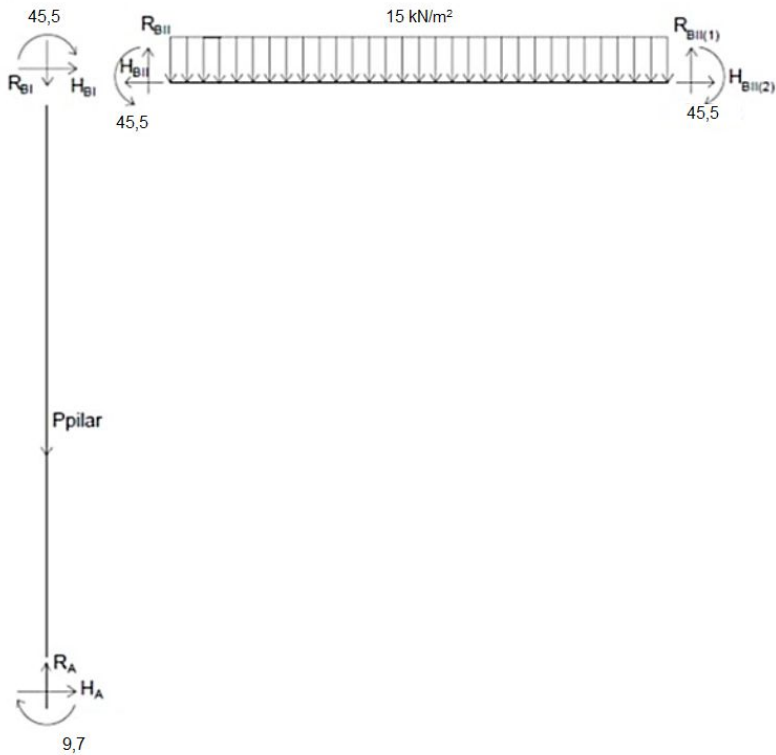


Figura 22. Aplicación de la estática. (Elaboración propia)

**BARRA I**

$$\Sigma F_H = 0 \rightarrow H_A - H_{BI} = 0$$

$$\Sigma F_V = 0 \rightarrow R_A - R_{BI} = 0 \rightarrow R_A = R_{BI}$$

$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow 9,7 + 45,55 + H_{BI} \times 2,5 = 0$$

**BARRA II**

$$\Sigma M_C = 0 \rightarrow 45,55 + R_{BII} \times 4,5 - 45,55 - 15 \times 4,5 \times 2,25 = 0$$

$$R_{BII} = 34 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$R_{BII} = R_{BI} = R_A = 34 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

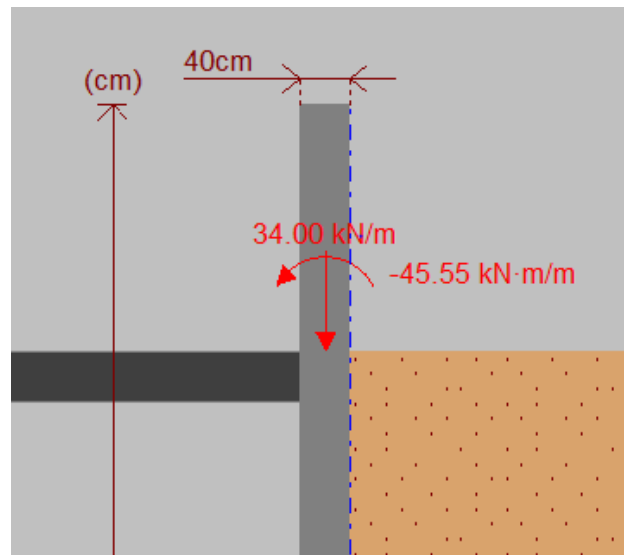


Figura 23. Fuerzas ejercidas por el forjado sobre el muro (CypeCAD)

### 9.1.3 CÁLCULO

A la hora de calcular el muro pantalla, a fin de definir sus dimensiones mínimas que cumplan con la normativa vigente y garanticen su estabilidad y su uso, se utilizará el programa informático Cype en su módulo para el cálculo de muros pantalla. El primer paso es determinar las cargas actuantes sobre el muro, como se ha hecho en el punto 1. A continuación, se introducirán estos datos en el programa.

El primer paso será determinar las características del terreno, según el informe geotécnico del proyecto. De este modo, se obtiene una geología como la que se describe en la siguiente tabla:

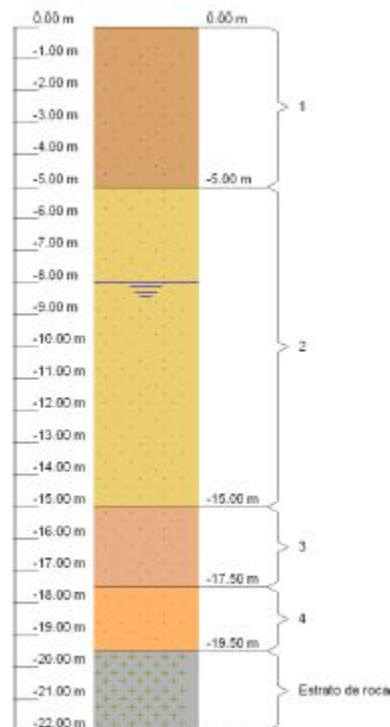


Figura 24. Estrato de terreno

Donde se tiene un primer estrato de rellenos, seguido de una capa de limos, y a continuación sendas capas de arenas y gravas arenosas, hallándose a una profundidad de unos 20m un estrato rocoso de limolitas y lutitas calcáreas.

Para el cálculo de los muros no se han representado todos los estratos, ya que la profundidad máxima de los muros pantalla es de 6 metros bajo cota de rasante, por lo que solo se han representado los estratos que aplican.

A continuación, se deben describir las fases que definen la construcción del muro. En este caso, se distinguen tres fases:

- **Fase 1:** Excavación. Se efectúa una primera excavación a una profundidad de 2,00m.
- **Fase 2:** Anclaje. Se procede a la colocación de un anclaje provisional que mantenga la estabilidad del muro mientras se efectúa la excavación, evitando deformaciones excesivas, a condición de ser retirado al finalizar la construcción.
- **Fase 3:** Excavación. Se realiza la excavación hasta la profundidad final, situada a una profundidad total de 3,5 m.
- **Fase 4:** Losa. Se coloca la losa inferior.
- **Fase 5:** Forjado superior. Se coloca en este caso el forjado a cota 0. Se procede asimismo a la retirada del anclaje y se produce la entrada en servicio de la estructura.

Este procedimiento se ha seguido de igual forma para los cuatro tipos de muros presentados en el punto 1 del presente anejo, a fin de determinar de este modo las características y dimensiones mínimas con las que deben contar los muros pantalla.

Los resultados obtenidos en Cype para los cuatro tipos de muro son los siguientes:

### 9.1.3.1 MURO PANTALLA TIPO 1

#### ➤ NORMA Y MATERIALES

Norma de hormigón: EHE-08 (España)

Hormigón: HA-25,  $Y_c=1.5$

Acero: B 500 S,  $Y_s=1.15$

Clase de exposición: Clase IIa

Recubrimiento geométrico: 7.0 cm

Tamaño máximo del árido: 20 mm

#### ➤ ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.60

Mayoración esfuerzos en servicio: 1.60

Sin análisis sísmico

Sin considerar acciones térmicas en puntales.



➤ DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Tipología: Muro pantalla de hormigón armado

➤ DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Referencias	Cota superior	Descripción	Coefficientes de empuje
1	0.00 m	Densidad aparente: 16.7 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 9.8 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 30 grados Cohesión: 0.00 kN/m <sup>2</sup> Módulo de balasto empuje activo: 98100.0 kN/m <sup>3</sup> Módulo de balasto empuje pasivo: 98100.0 kN/m <sup>3</sup> Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m <sup>4</sup>	Activo trasdós: 0.33 Reposo trasdós: 0.50 Pasivo trasdós: 3.00 Activo intradós: 0.33 Reposo intradós: 0.50 Pasivo intradós: 3.00
2	-5.00 m	Densidad aparente: 17.2 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 9.8 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 17 grados Cohesión: 14.72 kN/m <sup>2</sup> Módulo de balasto empuje activo: 17010.5 kN/m <sup>3</sup> Módulo de balasto empuje pasivo: 17010.5 kN/m <sup>3</sup> Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m <sup>4</sup>	Activo trasdós: 0.55 Reposo trasdós: 0.71 Pasivo trasdós: 1.83 Activo intradós: 0.55 Reposo intradós: 0.71 Pasivo intradós: 1.83

Tabla 17. Estratos

➤ GEOMETRÍA

Altura total: 6.00 m Espesor: 40 cm Longitud tramo: 2.50 m
------------------------------------------------------------------

➤ ESQUEMA DE LAS FASES

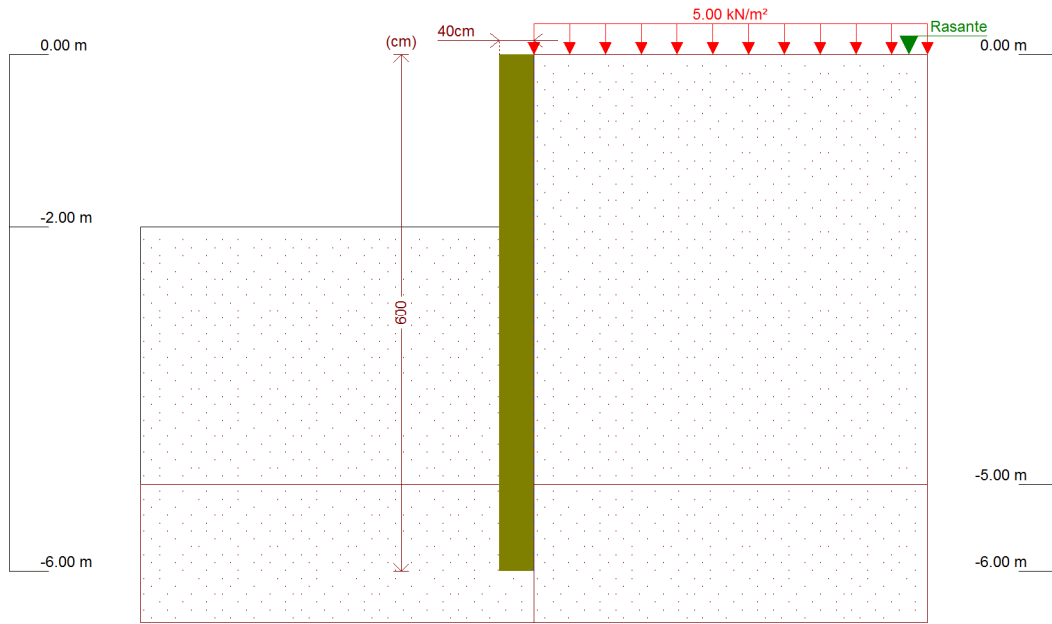


Figura 25. Muro pantalla tipo 1. Fase 1

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Fase 1 excavación 2m	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -2.00 m

Tabla 18. Muro pantalla tipo 1. Fase 1

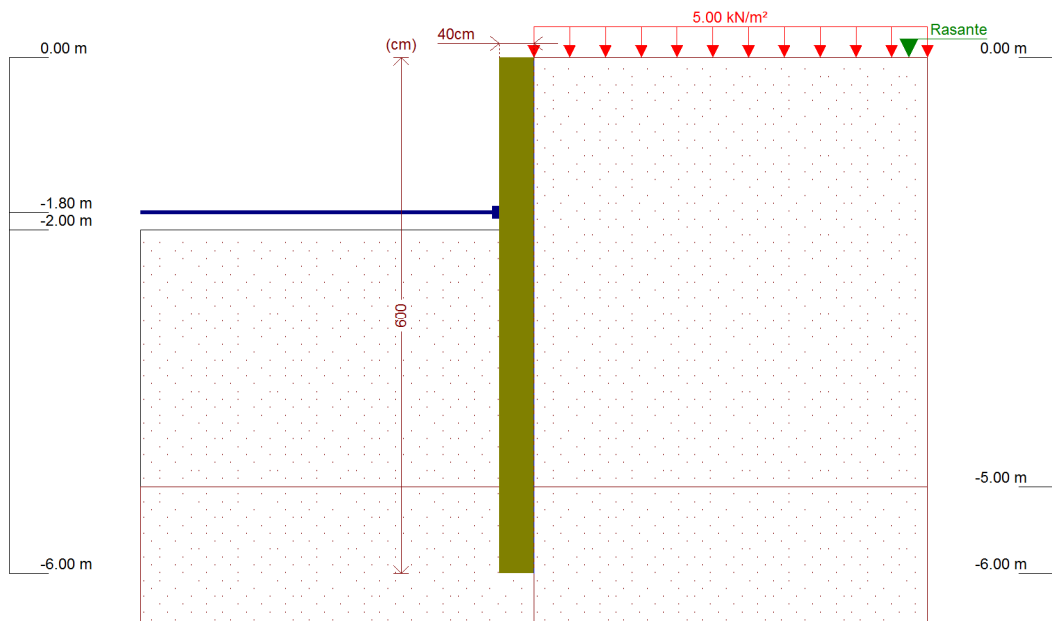


Figura 26. Muro pantalla tipo 1. Fase 2

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 2	Fase 2 colocar puntal	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -2.00 m

Tabla 19. Muro pantalla tipo 1. Fase 2

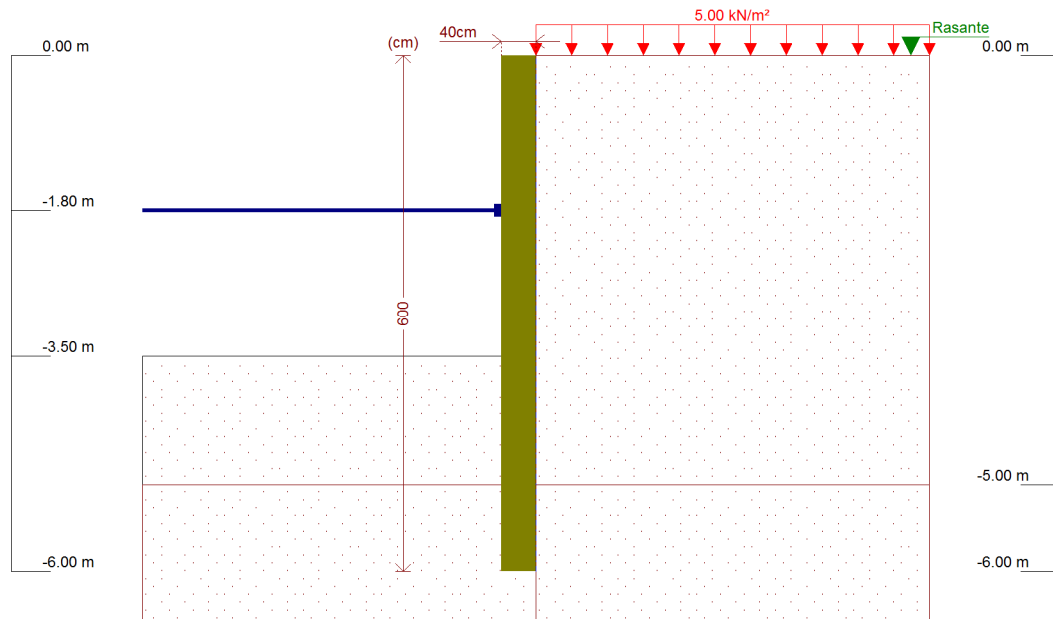


Figura 27. Muro pantalla tipo 1. Fase 3

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 3	Fase 3 excavación 1,5m	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -3.50 m

Tabla 20. Muro pantalla tipo 1. Fase 3

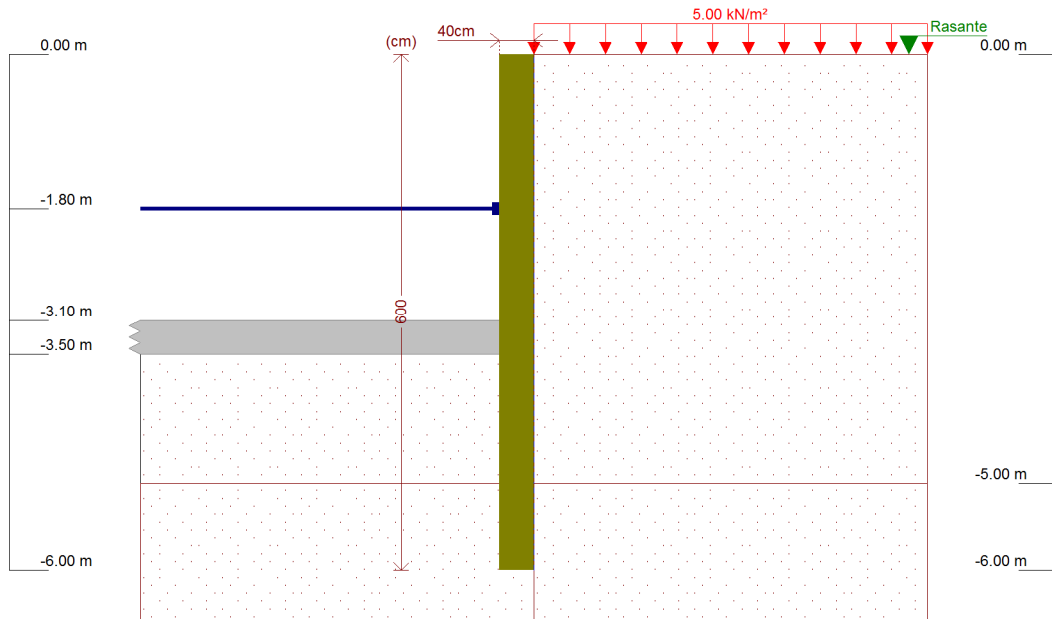


Figura 28 .Muro pantalla tipo 1. Fase 4

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 4	Fase 4 losa	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -3.50 m

Tabla 21. Muro pantalla tipo 1. Fase 4

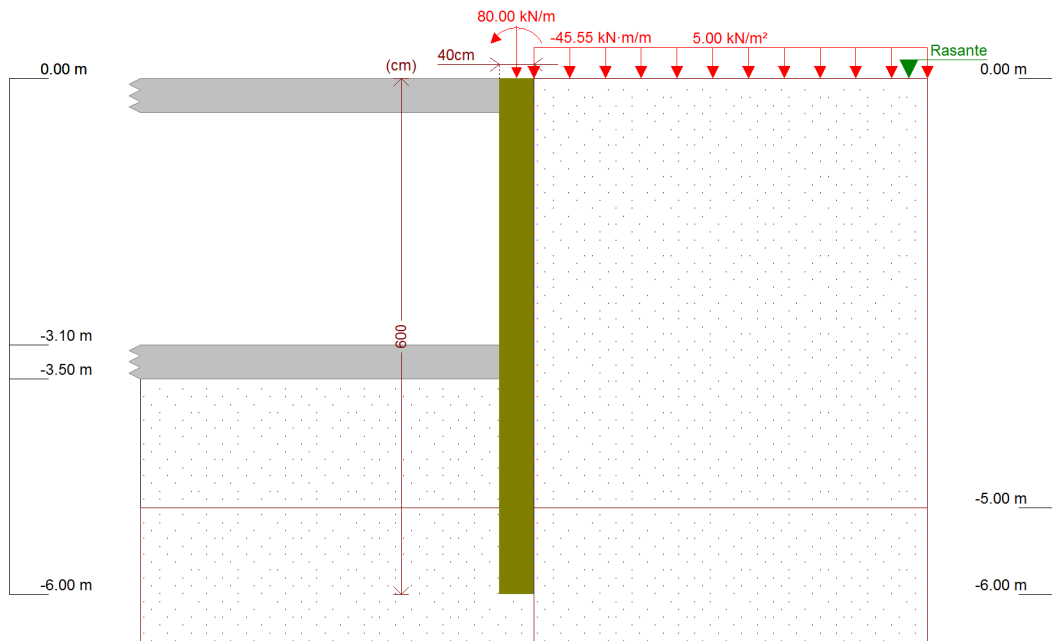


Figura 29. Muro pantalla tipo 1. Fase 5

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 5	Fase 5 forjado	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -3.50 m

Tabla 22. Muro pantalla tipo 1. Fase 5

➤ CARGAS

*CARGAS EN EL TRASDÓS*

Tipo	Cota	Datos	Fase inicial	Fase final
Uniforme	En superficie	Valor: 5KN/m <sup>2</sup>	Fase 0	Fase 5 forjado

Tabla 23. Carga de la acera en el muro tipo 1

➤ ELEMENTOS DE APOYO

*PUNTALES*

Descripción	Fase inicial	Fase final
Cota: -1.80 m Rigidez axil: 9810000 kN/m Separación: 2.5 m	Fase 2 puntal	Fase 5 forjado

Tabla 24. Puntales

*FORJADOS*

Descripción	Fase de construcción	Fase de servicio
Cota: -3.10 m Canto: 40 cm Cortante fase constructiva: 0 kN/m Cortante fase de servicio: 0 kN/m Rigidez axil: 9810000 kN/m <sup>2</sup>	Fase 4 losa	Fase 5 forjado
Cota: 0.00 m Canto: 40 cm Cortante fase constructiva: 0 kN/m Cortante fase de servicio: 0 kN/m Rigidez axil: 9810000 kN/m <sup>2</sup>	Fase 5 forjado	Fase 5 forjado

Tabla 25. Forjados

➤ RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

**FASE 1: FASE 1 EXCAVAR 2 M**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-1.30	0.00	0.21	0.00	1.67	0.00
-0.50	-1.12	4.91	0.97	0.30	4.45	0.00
-1.00	-0.93	9.81	3.55	1.70	7.23	0.00
-1.50	-0.75	14.71	7.51	4.92	10.02	0.00
-2.00	-0.58	19.62	12.87	10.64	12.80	0.00
-2.50	-0.43	24.52	16.48	18.78	-9.47	0.00
-3.00	-0.31	29.43	8.97	24.55	-20.07	0.00
-3.50	-0.23	34.34	-0.14	25.50	-13.73	0.00
-4.00	-0.19	39.24	-6.62	22.95	-11.71	0.00
-4.50	-0.20	44.15	-12.60	17.41	-13.59	0.00
-5.00	-0.23	49.05	-19.93	8.43	19.24	0.00
-5.50	-0.28	53.95	-10.52	2.02	17.54	0.00
-6.00	-0.34	58.86	-1.97	0.00	15.75	0.00
Máximos	-0.19 Cota: -4.25 m	58.86 Cota: -6.00 m	16.48 Cota: -2.50 m	25.53 Cota: -3.25 m	19.24 Cota: -5.00 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-1.30 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m	-19.93 Cota: -5.00 m	0.00 Cota: -6.00 m	-20.60 Cota: -2.75 m	0.00 Cota: 0.00 m

**FASE 2: FASE 2 COLOCAR PUNTAL**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-1.30	0.00	0.21	-0.00	1.67	0.00
-0.50	-1.12	4.90	0.97	0.30	4.45	0.00
-1.00	-0.93	9.81	3.55	1.70	7.23	0.00
-1.50	-0.75	14.71	7.51	4.92	10.02	0.00
-1.80	-0.65	17.66	12.87	8.07	11.86	0.00
-2.25	-0.50	22.07	16.07	14.66	1.67	0.00
-2.75	-0.36	26.98	14.12	22.31	-20.60	0.00
-3.25	-0.26	31.88	3.95	25.53	-16.35	0.00
-3.75	-0.21	36.79	-3.57	24.61	-12.19	0.00
-4.25	-0.19	41.69	-9.55	20.56	-12.21	0.00
-4.75	-0.21	46.60	-16.00	13.42	-15.72	0.00
-5.25	-0.26	51.50	-15.12	4.65	18.42	0.00
-5.75	-0.31	56.41	-6.13	0.49	16.64	0.00
Máximos	-0.19 Cota: -4.25 m	58.86 Cota: -6.00 m	16.48 Cota: -2.50 m	25.53 Cota: -3.25 m	19.24 Cota: -5.00 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-1.30 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m	-19.93 Cota: -5.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-20.60 Cota: -2.75 m	0.00 Cota: 0.00 m



**FASE 3: FASE 3 EXCAVAR 1,5 M**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-1.05	0.00	1.87	0.00	15.00	0.00
-0.50	-0.93	4.90	8.04	2.48	23.08	0.00
-1.00	-0.81	9.81	19.17	10.72	19.55	0.00
-1.50	-0.71	14.71	28.38	23.83	14.52	0.00
-1.80	-0.67	17.66	34.86	33.58	11.69	0.00
-2.25	-0.64	22.07	-24.40	21.96	14.19	0.00
-2.75	-0.65	26.98	-16.96	12.51	16.97	0.00
-3.25	-0.68	31.88	-8.12	7.30	19.76	0.00
-3.75	-0.73	36.79	2.10	7.03	10.02	0.00
-4.25	-0.78	41.69	4.33	9.26	-12.25	0.00
-4.75	-0.85	46.60	-4.58	8.43	-34.52	0.00
-5.25	-0.94	51.50	-9.60	2.73	12.94	0.00
-5.75	-1.03	56.41	-3.51	0.26	9.88	0.00
Máximos	-0.64 Cota: -2.25 m	58.86 Cota: -6.00 m	34.86 Cota: -1.80 m	33.58 Cota: -1.80 m	24.68 Cota: -0.25 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-1.07 Cota: -6.00 m	0.00 Cota: 0.00 m	-27.60 Cota: -2.00 m	0.00 Cota: 0.00 m	-34.52 Cota: -4.75 m	0.00 Cota: 0.00 m

**FASE 4: FASE 4 LOSA**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-1.05	0.00	1.88	-0.00	15.00	0.00
-0.50	-0.93	4.90	8.04	2.48	23.08	0.00
-1.00	-0.81	9.81	19.17	10.72	19.55	0.00
-1.50	-0.71	14.71	28.38	23.83	14.52	0.00
-1.80	-0.67	17.66	34.86	33.58	11.69	0.00
-2.25	-0.64	22.07	-24.40	21.96	14.19	0.00
-2.75	-0.65	26.98	-16.96	12.51	16.97	0.00
-3.25	-0.68	31.88	-8.12	7.30	19.76	0.00
-3.50	-0.70	34.34	-3.18	6.50	21.15	0.00
-4.00	-0.75	39.24	4.61	8.18	-1.12	0.00
-4.50	-0.82	44.14	1.27	9.58	-23.38	0.00
-5.00	-0.90	49.05	-13.21	5.13	14.43	0.00
-5.50	-0.98	53.95	-6.36	1.14	11.41	0.00
-6.00	-1.07	58.86	0.00	0.00	8.34	0.00
Máximos	-0.64 Cota: -2.25 m	58.86 Cota: -6.00 m	34.86 Cota: -1.80 m	33.58 Cota: -1.80 m	24.68 Cota: -0.25 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-1.07 Cota: -6.00 m	0.00 Cota: 0.00 m	-27.60 Cota: -2.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-34.52 Cota: -4.75 m	0.00 Cota: 0.00 m

**FASE 5: FASE 6 FORJADO**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-1.08	34.00	1.49	45.55	11.92	0.00
-0.25	-0.99	36.45	-39.95	43.85	24.68	0.00
-0.75	-0.86	41.36	-27.74	28.47	22.18	0.00
-1.25	-0.78	46.26	-17.43	18.56	15.05	0.00
-1.75	-0.73	51.17	-11.08	12.37	11.41	0.00
-2.25	-0.70	56.07	-5.02	9.06	14.19	0.00
-2.75	-0.69	60.98	2.42	9.30	16.97	0.00
-3.25	-0.69	65.88	11.26	13.78	19.76	0.00
-3.50	-0.70	68.33	-9.23	12.74	21.61	0.00
-4.00	-0.74	73.24	-0.74	11.60	2.19	0.00
-4.50	-0.79	78.14	-2.25	10.99	-18.84	0.00
-5.00	-0.87	83.05	-14.35	5.66	15.36	0.00
-5.50	-0.95	87.95	-7.03	1.28	12.44	0.00
-6.00	-1.04	92.86	0.00	0.00	9.46	0.00
Máximos	-0.69 Cota: -3.00 m	92.86 Cota: -6.00 m	16.20 Cota: -3.30 m	45.85 Cota: -0.20 m	24.68 Cota: -0.25 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-1.08 Cota: 0.00 m	34.00 Cota: 0.00 m	-39.95 Cota: -0.25 m	0.00 Cota: -6.00 m	-29.56 Cota: -4.75 m	0.00 Cota: 0.00 m

➤ RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.

PUNTALES

Cota: -1.80 m	
Fase	Resultado
Fase 2 puntal	Carga puntual: -2.94 kN Carga lineal: -1.18 kN/m
Fase 3 excavar 1,5	Carga puntual: 156.17 kN Carga lineal: 62.47 kN/m
Fase 4 losa	Carga puntual: 156.17 kN Carga lineal: 62.47 kN/m

FORJADOS

Cota: -3.10 m	
Fase	Resultado
Fase 4 losa	Carga lineal: -2.35 kN/m
Fase 5 forjado	Carga lineal: 25.42 kN/m

Cota: 0.00 m	
Fase	Resultado
Fase forjado	Carga lineal: 41.44 kN/m

➤ DESCRIPCIÓN DEL ARMADO

Armado vertical trasdós	Armado vertical intradós	Armado base horizontal	Rigidizador vertical	Rigidizador horizontal
Ø16c/30	Ø12c/30	Ø12c/25	2Ø16	3Ø16

*Tabla 26. Armado del muro tipo 1*



*Figura 30. Vista 3D muro Tipo 1*

➤ COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA

Referencia: MURO TIPO 1		
Comprobación	Valores	Estado
Recubrimiento: <i>Norma EHE-08. Artículo 37.2.4.1</i>	Mínimo: 7 cm Calculado: 7 cm	Cumple
Separación libre mínima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i>	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 23.8 cm	Cumple
Separación máxima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima horizontal por cara: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.00113	Cumple
Cuantía mínima mecánica horizontal por cara: <i>Criterio J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano". (Cuantía horizontal &gt; 20% Cuantía vertical)</i>	Mínimo: 0.00033 Calculado: 0.00113	Cumple
Longitud de patilla horizontal: <i>La longitud de la patilla debe ser, como mínimo, 12 veces el diámetro. Criterio de J. Calavera, "Manual de Detalles Constructivos en Obras de Hormigón Armado".</i>	Mínimo: 14 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0009	
- Trasdós:	Calculado: 0.00167	Cumple
- Intradós:	Calculado: 0.00094	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.00027	
- Trasdós:	Calculado: 0.00167	Cumple
- Intradós:	Calculado: 0.00094	Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada: - Trasdós: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.2</i>	Mínimo: 0.00148 Calculado: 0.00167	Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara comprimida: - Intradós: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.3</i>	Mínimo: 4e-005 Calculado: 0.00094	Cumple
Separación libre mínima armaduras verticales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i>	Mínimo: 2.5 cm	
- Trasdós, vertical:	Calculado: 28.4 cm	Cumple
- Intradós, vertical:	Calculado: 28.8 cm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura vertical Trasdós, vertical:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armadura vertical Intradós, vertical:	Calculado: 30 cm	Cumple
Comprobación a flexión compuesta: <i>Comprobación realizada por módulo de pantalla</i>		Cumple

## ANEJO 7. ESTRUCTURA PRINCIPAL

Referencia: MURO TIPO 1		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación a cortante: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.2.1</i>	Máximo: 442.7 kN Calculado: 159.8 kN	Cumple
Comprobación de fisuración: <i>Norma EHE-08. Artículo 49.2.3</i>	Máximo: 0.3 mm Calculado: 0 mm	Cumple
Rigidizadores horizontales: - Diámetro mínimo: <i>Criterio de CYPE Ingenieros. El diámetro del rigidizador debe ser como mínimo igual al mayor diámetro de la armadura base vertical.</i> - Separación máxima: <i>Criterio NTE. Acondicionamiento del Terreno. Cimentaciones.</i>	Mínimo: 16 mm Calculado: 16 mm  Máximo: 2.5 m Calculado: 2 m	Cumple   Cumple
Rigidizadores verticales: - Diámetro mínimo: <i>Criterio de CYPE Ingenieros. El diámetro del rigidizador debe ser como mínimo igual al mayor diámetro de la armadura base vertical.</i> - Separación máxima: <i>Criterio NTE. Acondicionamiento del Terreno. Cimentaciones.</i>	Mínimo: 16 mm Calculado: 16 mm  Máximo: 1.5 m Calculado: 1.25 m	Cumple  Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Sección crítica a flexión compuesta: Cota: 0.00 m, Md: 182.20 kN·m, Nd: 0.00 kN, Vd: 0.83 kN, Tensión máxima del acero: 391.151 MPa - Sección crítica a cortante: Cota: -0.25 m - Los esfuerzos están mayorados y corresponden al ancho total del tramo definido. (Longitud tramo: 2.50 m)		

*Tabla 27. Comprobaciones geométricas y de resistencia*

➤ COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): MURO TIPO 1		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós:</p> <p>- Hipótesis básica: <i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <p>- Fase 1 excavar 2 m:</p> <p>- Fase 2 colocar puntal:</p> <p>- Fase 3 excavar 1,5 m:</p> <p>- Fase 4 losa <sup>(1)</sup></p> <p>- Fase 5 forjado <sup>(1)</sup></p> <p><sup>(1)</sup>Existe más de un apoyo.</p>	<p>Mínimo: 1.67</p> <p>Calculado: 2.614</p> <p>Calculado: 4.533</p> <p>Calculado: 2.336</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>No procede</p> <p>No procede</p>
<p>Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós:</p> <p>Hipótesis básica:</p> <p>- Fase 1 excavar 2 m: <i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <p>- Fase 2 colocar puntal: <i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <p>- Fase 3 excavar 1,5 m: <i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <p>- Fase 4 losa: <i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <p>- Fase 5 forjado: <i>Valor introducido por el usuario.</i></p>	<p>Mínimo: 1.67 Calculado: 2.544</p> <p>Mínimo: 1.67 Calculado: 2.544</p> <p>Mínimo: 1.67 Calculado: 1.733</p> <p>Mínimo: 1.67 Calculado: 1.733</p> <p>Mínimo: 1.67 Calculado: 1.791</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
Se cumplen todas las comprobaciones		

Tabla 28. Comprobaciones de estabilidad



### 9.1.3.2 MURO PANTALLA TIPO 2

#### ➤ NORMA Y MATERIALES

Norma de hormigón: EHE-08 (España)

Hormigón: HA-25,  $Y_c=1.5$

Acero: B 500 S,  $Y_s=1.15$

Clase de exposición: Clase IIa

Recubrimiento geométrico: 7.0 cm

Tamaño máximo del árido: 20 mm

#### ➤ ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.60

Mayoración esfuerzos en servicio: 1.60

Sin análisis sísmico

Sin considerar acciones térmicas en puntales

#### ➤ DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 2.00 m

Tipología: Muro pantalla de hormigón armado

#### ➤ DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Referencias	Cota superior	Descripción	Coefficientes de empuje
1	0.00 m	Densidad aparente: 16.7 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 9.8 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 30 grados Cohesión: 0.00 kN/m <sup>2</sup> Módulo de balasto empuje activo: 98100.0 kN/m <sup>3</sup> Módulo de balasto empuje pasivo: 98100.0 kN/m <sup>3</sup> Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m <sup>4</sup>	Activo trasdós: 0.33 Reposo trasdós: 0.50 Pasivo trasdós: 3.00 Activo intradós: 0.33 Reposo intradós: 0.50 Pasivo intradós: 3.00

Referencias	Cota superior	Descripción	Coefficientes de empuje
2	-5.00 m	Densidad aparente: 17.2 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 9.8 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 17 grados Cohesión: 14.72 kN/m <sup>2</sup> Módulo de balasto empuje activo: 17010.5 kN/m <sup>3</sup> Módulo de balasto empuje pasivo: 17010.5 kN/m <sup>3</sup> Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m <sup>4</sup>	Activo trasdós: 0.55 Reposo trasdós: 0.71 Pasivo trasdós: 1.83 Activo intradós: 0.55 Reposo intradós: 0.71 Pasivo intradós: 1.83

Tabla 29. Estratos

➤ GEOMETRÍA

Altura total: 8.00 m Espesor: 40 cm Longitud tramo: 2.50 m
------------------------------------------------------------------

➤ ESQUEMA DE LAS FASES

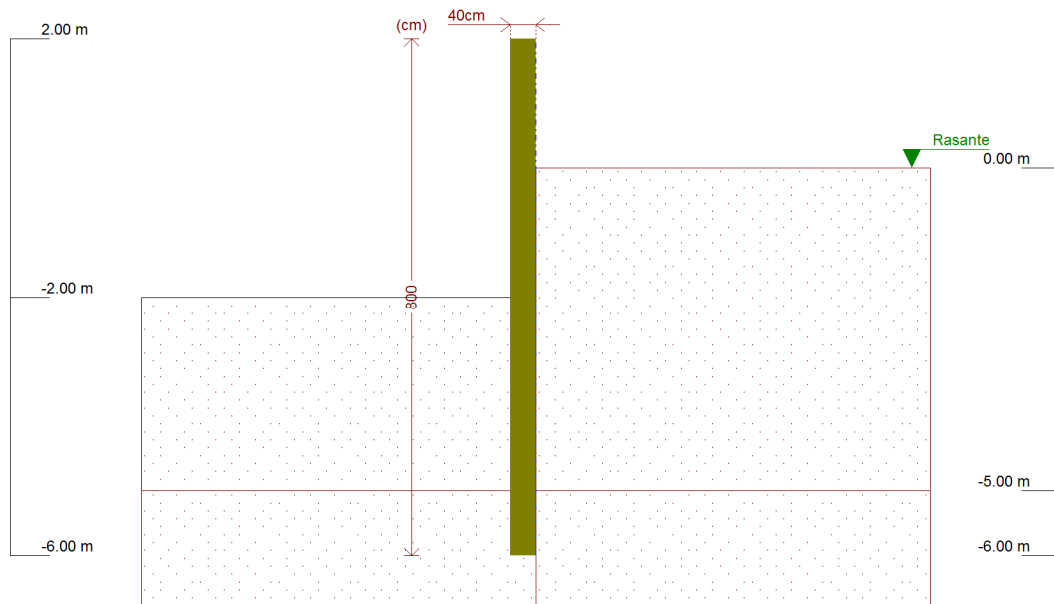


Figura 31. Muro pantalla tipo 2. Fase 1

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Fase 1 excavar 2m	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -2.00 m

Tabla 30. Muro pantalla tipo 2. Fase 1

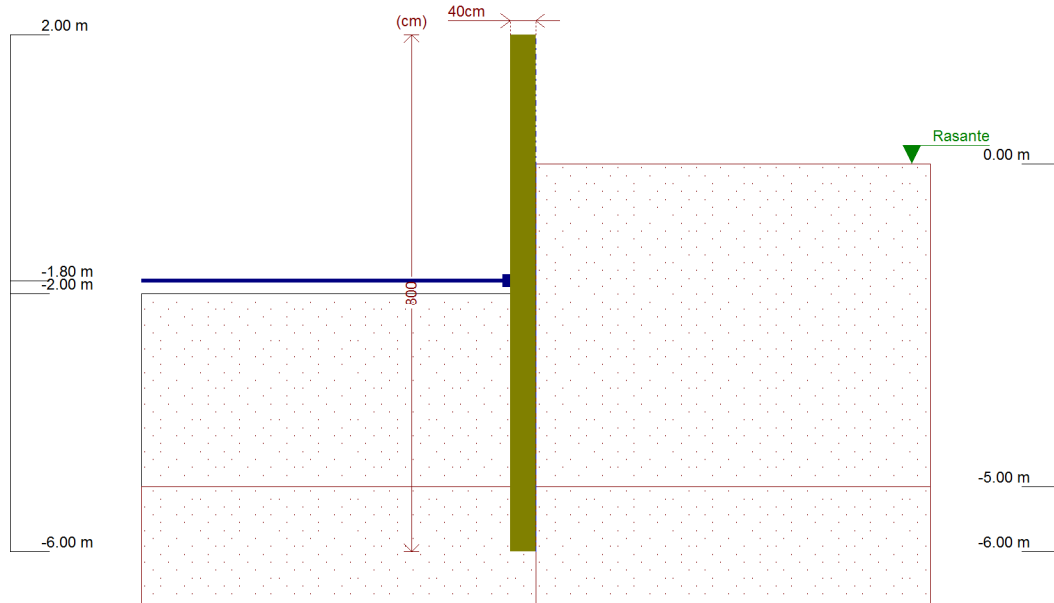


Figura 32. Muro pantalla tipo 2. Fase 2

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 2	Fase 2 colocar puntal	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -2.00 m

Tabla 31. Muro pantalla tipo 2. Fase 2

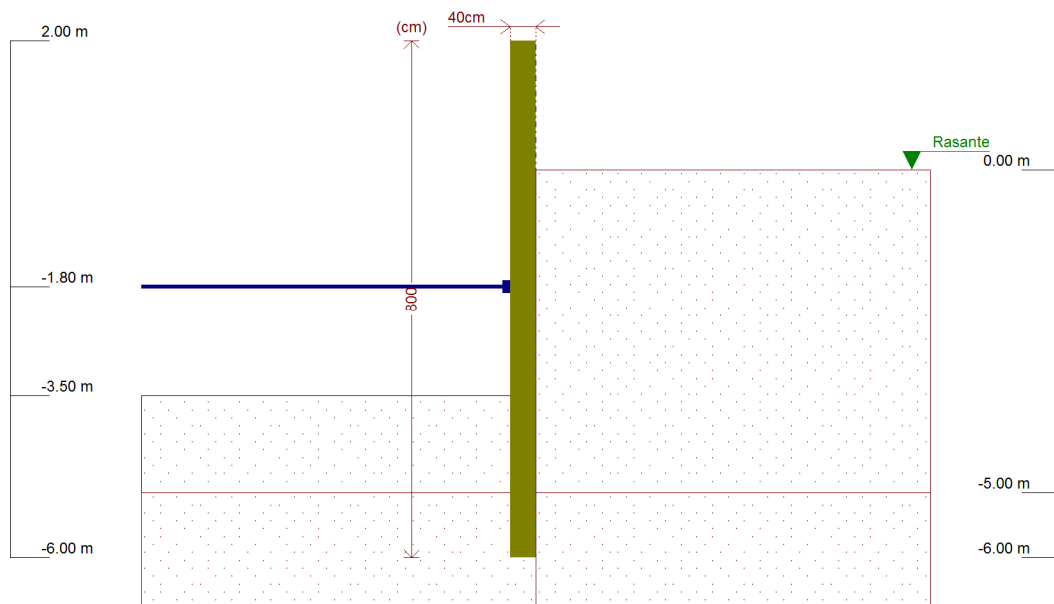


Figura 33. Muro pantalla tipo 2. Fase 3

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 3	Fase 3 excavar 1,5m	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -3.50 m

Tabla 32. Muro pantalla tipo 2. Fase 3

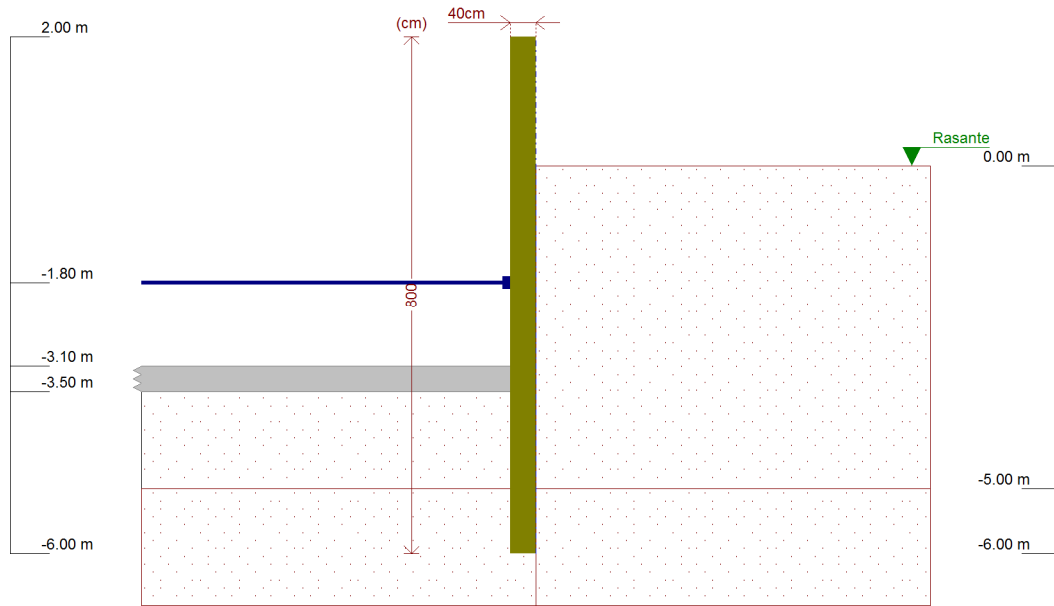


Figura 34. Muro pantalla tipo 2. Fase 4

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 4	Fase 4 losa	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -3.50 m

Tabla 33. Muro pantalla tipo 2. Fase 4

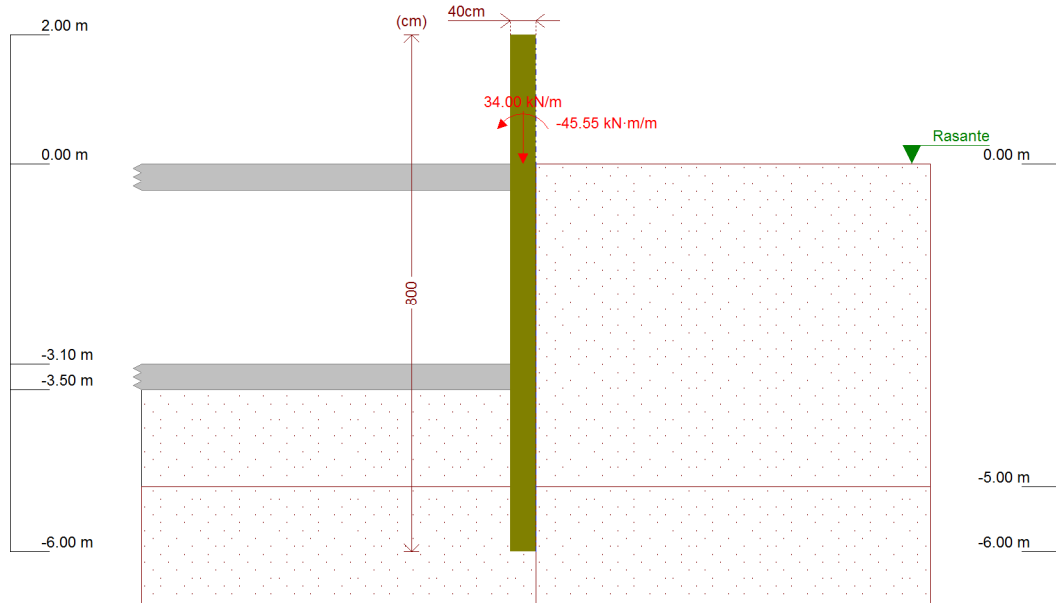


Figura 35. Muro pantalla tipo 2. Fase 5

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 5	Fase 5 forjado	Tipo de fase: Servicio Cota de excavación: -3.50 m

Tabla 34. Muro pantalla tipo 2. Fase 5

➤ ELEMENTOS DE APOYO

**PUNTALES**

Descripción	Fase inicial	Fase final
Cota: -1.80 m Rigidez axil: 9810000 kN/m Separación: 2.5 m	Fase 2 puntal	Fase 5 forjado

Tabla 35. Puntal de apoyo

**FORJADOS**

Descripción	Fase de construcción	Fase de servicio
Cota: -3.10 m Canto: 40 cm Cortante fase constructiva: 0 kN/m Cortante fase de servicio: 0 kN/m Rigidez axil: 9810000 kN/m <sup>2</sup>	Fase 4 losa	Fase 5 forjado
Cota: 0.00 m Canto: 40 cm Cortante fase constructiva: 0 kN/m Cortante fase de servicio: 0 kN/m Rigidez axil: 9810000 kN/m <sup>2</sup>	Fase 5 forjado	Fase 5 forjado

Tabla 36. Forjados

➤ RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

**FASE 1: FASE 1 ESCAVAR 2M**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
2.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.25	0.00	7.36	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0.00	14.72	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.25	0.00	22.07	0.00	0.00	0.00	0.00
-1.00	0.00	29.43	0.00	0.00	0.00	0.00
-1.75	0.00	36.79	0.00	0.00	0.00	0.00
-2.50	0.00	44.14	0.00	0.00	0.00	0.00
-3.25	0.00	51.50	0.00	0.00	0.00	0.00
-4.00	0.00	58.86	0.00	0.00	0.00	0.00
-4.75	0.00	66.22	0.00	0.00	0.00	0.00
-5.50	0.00	73.58	0.00	0.00	0.00	0.00
Máximos	0.00 Cota: 2.00 m	78.48 Cota: -6.00 m	0.00 Cota: 2.00 m	0.00 Cota: 2.00 m	0.00 Cota: 2.00 m	0.00 Cota: 2.00 m
Mínimos	0.00 Cota: 2.00 m	-0.00 Cota: 2.00 m	0.00 Cota: 2.00 m	0.00 Cota: 2.00 m	0.00 Cota: 2.00 m	0.00 Cota: 2.00 m

**FASE 2: FASE 2 COLOCAR PUNTAL**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
2.00	-1.26	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
1.25	-1.09	7.36	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	-0.92	14.72	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.25	-0.75	22.07	0.00	0.00	1.39	0.00
-1.00	-0.59	29.43	2.09	0.87	5.57	0.00
-1.75	-0.42	36.79	7.31	4.87	9.74	0.00
-2.25	-0.32	41.69	12.52	10.44	0.00	0.00
-3.00	-0.20	49.05	6.25	17.57	-11.55	0.00
-3.75	-0.15	56.41	-1.36	18.29	-8.93	0.00
-4.50	-0.18	63.77	-8.78	13.69	-13.21	0.00
-5.25	-0.25	71.12	-12.06	3.64	15.08	0.00
-6.00	-0.34	78.48	-1.50	0.00	12.04	0.00
Máximos	-0.15 Cota: -3.75 m	78.48 Cota: -6.00 m	12.52 Cota: -2.25 m	18.63 Cota: -3.50 m	16.04 Cota: -5.00 m	0.00 Cota: 2.00 m
Mínimos	-1.26 Cota: 2.00 m	-0.00 Cota: 2.00 m	-16.07 Cota: -5.00 m	-0.00 Cota: 2.00 m	-15.94 Cota: -4.75 m	0.00 Cota: 2.00 m



**FASE 3: FASE 3 EXCAVAR 1,5 M**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
2.00	-0.73	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
1.25	-0.66	7.36	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	-0.60	14.72	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.25	-0.53	22.07	0.00	0.00	12.52	0.00
-1.00	-0.46	29.43	13.42	6.27	17.56	0.00
-1.75	-0.42	36.79	24.80	22.33	9.74	0.00
-2.25	-0.44	41.69	-19.29	14.46	12.53	0.00
-3.00	-0.51	49.05	-8.86	5.03	16.70	0.00
-3.75	-0.60	56.41	4.71	5.00	8.35	0.00
-4.50	-0.70	63.77	2.63	8.88	-25.05	0.00
-5.25	-0.84	71.12	-9.11	2.53	12.62	0.00
-6.00	-1.00	78.48	0.00	0.00	7.45	0.00
Máximos	-0.42 Cota: -1.80 m	78.48 Cota: -6.00 m	27.24 Cota: -1.80 m	23.70 Cota: -1.80 m	21.57 Cota: -0.50 m	0.00 Cota: 2.00 m
Mínimos	-1.00 Cota: -6.00 m	-0.00 Cota: 2.00 m	-22.08 Cota: -2.00 m	-0.00 Cota: 2.00 m	-36.18 Cota: -4.75 m	0.00 Cota: 2.00 m

**FASE 4: FASE 4 LOSA**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
2.00	-0.73	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
1.25	-0.66	7.36	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	-0.60	14.72	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.25	-0.53	22.07	0.00	0.00	12.52	0.00
-1.00	-0.46	29.43	13.42	6.27	17.56	0.00
-1.75	-0.42	36.79	24.80	22.33	9.74	0.00
-2.25	-0.44	41.69	-19.29	14.46	12.53	0.00
-3.00	-0.51	49.05	-8.86	5.03	16.70	0.00
-3.50	-0.56	53.96	-0.16	3.82	19.48	0.00
-4.25	-0.66	61.31	6.10	8.23	-13.92	0.00
-5.00	-0.80	68.67	-12.68	4.80	14.30	0.00
-5.75	-0.95	76.03	-3.23	0.23	9.18	0.00
Máximos	-0.42 Cota: -1.80 m	78.48 Cota: -6.00 m	27.24 Cota: -1.80 m	23.70 Cota: -1.80 m	21.57 Cota: -0.50 m	0.00 Cota: 2.00 m
Mínimos	-1.00 Cota: -6.00 m	-0.00 Cota: 2.00 m	-22.08 Cota: -2.00 m	-0.00 Cota: 2.00 m	-36.18 Cota: -4.75 m	0.00 Cota: 2.00 m

**FASE 5: FASE 5 FORJADO**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
2.00	-1.16	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
1.25	-0.95	7.36	-0.00	-0.00	0.00	0.00
0.50	-0.73	14.72	-0.00	-0.00	0.00	0.00
-0.20	-0.54	55.58	-0.00	45.55	9.63	0.00
-0.75	-0.46	60.98	-29.58	27.35	22.09	0.00
-1.50	-0.44	68.34	-15.21	12.73	11.85	0.00
-2.25	-0.47	75.69	-7.03	5.46	12.53	0.00
-3.00	-0.52	83.05	3.41	5.24	16.70	0.00
-3.50	-0.56	87.96	-3.29	7.08	19.71	0.00
-4.25	-0.65	95.31	3.75	9.43	-11.83	0.00
-5.00	-0.78	102.67	-13.28	5.08	14.78	0.00
-5.75	-0.93	110.03	-3.44	0.25	9.75	0.00
Máximos	-0.44 Cota: -1.25 m	112.48 Cota: -6.00 m	12.11 Cota: -3.30 m	45.55 Cota: -0.20 m	23.62 Cota: -0.50 m	0.00 Cota: 2.00 m
Mínimos	-1.16 Cota: 2.00 m	-0.00 Cota: 2.00 m	-38.62 Cota: -0.25 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-33.59 Cota: -4.75 m	0.00 Cota: 2.00 m

➤ RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.

**PUNTALES**

Cota: -1.80 m	
Fase	Resultado
Fase 2 puntal	Carga puntual: -1.97 kN Carga lineal: -0.79 kN/m
Fase 3 excavar 1,5	Carga puntual: 123.29 kN Carga lineal: 49.32 kN/m
Fase 4 losa	Carga puntual: 123.29 kN Carga lineal: 49.32 kN/m

**FORJADOS**

Cota: 0.00 m	
Fase	Resultado
Fase 5 forjado	Carga lineal: 38.62 kN/m

Cota: -3.10 m	
Fase	Resultado
Fase 4 losa	Carga lineal: -1.30 kN/m
Fase 5 forjado	Carga lineal: 15.40 kN/m

➤ DESCRIPCIÓN DEL ARMADO

Armado vertical trasdós	Armado vertical intradós	Armado base horizontal	Rigidizador vertical	Rigidizador horizontal
$\varnothing 12c/30$ Refuerzos: $\varnothing 12$ L (200), D (150) D: Distancia desde coronación	$\varnothing 12c/30$	$\varnothing 12c/25$	2 $\varnothing 12$	4 $\varnothing 12$

Tabla 37. Armado del muro tipo 2

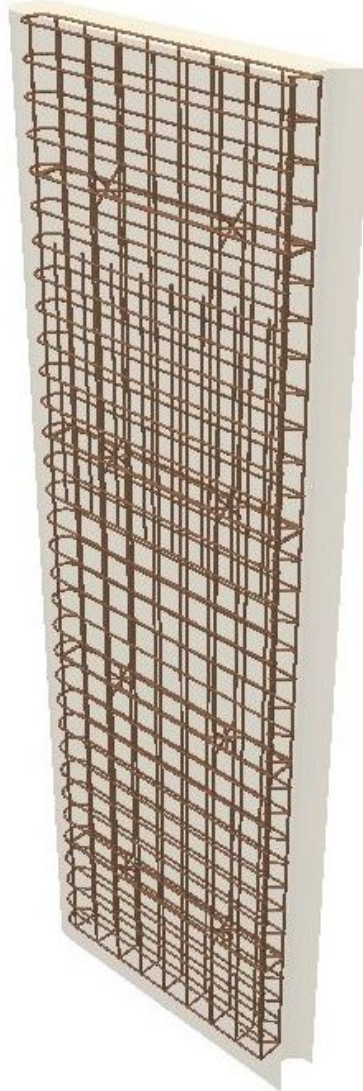


Figura 36. Vista 3D muro tipo 2

➤ COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA

Referencia: MURO TIPO 2		
Comprobación	Valores	Estado
Recubrimiento: <i>Norma EHE-08. Artículo 37.2.4.1</i>	Mínimo: 7 cm Calculado: 7 cm	Cumple
Separación libre mínima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i>	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 23.8 cm	Cumple
Separación máxima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima horizontal por cara: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.00113	Cumple
Cuantía mínima mecánica horizontal por cara: <i>Criterio J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano". (Cuantía horizontal &gt; 20% Cuantía vertical)</i>	Mínimo: 0.00037 Calculado: 0.00113	Cumple
Longitud de patilla horizontal: <i>La longitud de la patilla debe ser, como mínimo, 12 veces el diámetro. Criterio de J. Calavera, "Manual de Detalles Constructivos en Obras de Hormigón Armado".</i>	Mínimo: 14 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0009	
- Trasdós:	Calculado: 0.00094	Cumple
- Intradós:	Calculado: 0.00094	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.00027	
- Trasdós:	Calculado: 0.00094	Cumple
- Intradós:	Calculado: 0.00094	Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada: - Trasdós: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.2</i>	Mínimo: 0.00145 Calculado: 0.00188	Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara comprimida: - Intradós: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.3</i>	Mínimo: 5e-005 Calculado: 0.00094	Cumple
Separación libre mínima armaduras verticales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i>	Mínimo: 2.5 cm	
- Trasdós, vertical:	Calculado: 13.8 cm	Cumple
- Intradós, vertical:	Calculado: 28.8 cm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura vertical Trasdós, vertical:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armadura vertical Intradós, vertical:	Calculado: 30 cm	Cumple
Comprobación a flexión compuesta: <i>Comprobación realizada por módulo de pantalla</i>		Cumple

## ANEJO 7. ESTRUCTURA PRINCIPAL

Referencia: MURO TIPO 2		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación a cortante: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.2.1</i>	Máximo: 444.5 kN Calculado: 154.4 kN	Cumple
Comprobación de fisuración: <i>Norma EHE-08. Artículo 49.2.3</i>	Máximo: 0.3 mm Calculado: 0 mm	Cumple
Rigidizadores horizontales: - Diámetro mínimo: <i>Criterio de CYPE Ingenieros. El diámetro del rigidizador debe ser como mínimo igual al mayor diámetro de la armadura base vertical.</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
- Separación máxima: <i>Criterio NTE. Acondicionamiento del Terreno. Cimentaciones.</i>	Máximo: 2.5 m Calculado: 2 m	Cumple
Rigidizadores verticales: - Diámetro mínimo: <i>Criterio de CYPE Ingenieros. El diámetro del rigidizador debe ser como mínimo igual al mayor diámetro de la armadura base vertical.</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
- Separación máxima: <i>Criterio NTE. Acondicionamiento del Terreno. Cimentaciones.</i>	Máximo: 1.5 m Calculado: 1.25 m	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -0.25 m, Md: 174.48 kN·m, Nd: 0.00 kN, Vd: -154.48 kN, Tensión máxima del acero: 332.708 MPa - Sección crítica a cortante: Cota: -0.25 m - Los esfuerzos están mayorados y corresponden al ancho total del tramo definido. (Longitud tramo: 2.50 m)		

*Tabla 38. Comprobaciones geométricas y de resistencia*

➤ COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): MURO TIPO 2		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós:</p> <p>- Hipótesis básica: <i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <p>- Fase 1 excavar 2 m:</p> <p>- Fase 2 colocar puntal:</p> <p>- Fase 3 excavar 1,5 m:</p> <p>- Fase 4 losa <sup>(1)</sup></p> <p>- Fase 5 forjado <sup>(1)</sup></p> <p><sup>(1)</sup>Existe más de un apoyo.</p>	<p>Mínimo: 1.67</p> <p>Calculado: 2.614</p> <p>Calculado: 4.883</p> <p>Calculado: 2.516</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>No procede</p> <p>No procede</p>
<p>Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós:</p> <p>Hipótesis básica:</p> <p>- Fase 1 excavar 2 m: <i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <p>- Fase 2 colocar puntal: <i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <p>- Fase 3 excavar 1,5 m: <i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <p>- Fase 4 losa: <i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <p>- Fase 5 forjado: <i>Valor introducido por el usuario.</i></p>	<p>Mínimo: 1.67 Calculado: 2.774</p> <p>Mínimo: 1.67 Calculado: 2.774</p> <p>Mínimo: 1.67 Calculado: 1.767</p> <p>Mínimo: 1.67 Calculado: 1.767</p> <p>Mínimo: 1.67 Calculado: 1.797</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
Se cumplen todas las comprobaciones		

Tabla 39. Comprobaciones de estabilidad



## ANEJO 7. ESTRUCTURA PRINCIPAL

### 9.1.3.3 MURO PANTALLA TIPO 3

#### ➤ NORMA Y MATERIALES

Norma de hormigón: EHE-08 (España)

Hormigón: HA-25,  $Y_c=1.5$

Acero: B 500 S,  $Y_s=1.15$

Clase de exposición: Clase IIa

Recubrimiento geométrico: 7.0 cm

Tamaño máximo del árido: 20 mm

#### ➤ ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.60

Mayoración esfuerzos en servicio: 1.60

Sin análisis sísmico

Sin considerar acciones térmicas en puntales

#### ➤ DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 2.00 m

Tipología: Muro pantalla de hormigón armado

#### ➤ DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Referencias	Cota superior	Descripción	Coefficientes de empuje
1	0.00 m	Densidad aparente: 16.7 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 9.8 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 30 grados Cohesión: 0.00 kN/m <sup>2</sup> Módulo de balasto empuje activo: 98100.0 kN/m <sup>3</sup> Módulo de balasto empuje pasivo: 98100.0 kN/m <sup>3</sup> Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m <sup>4</sup>	Activo trasdós: 0.33 Reposo trasdós: 0.50 Pasivo trasdós: 3.00 Activo intradós: 0.33 Reposo intradós: 0.50 Pasivo intradós: 3.00
2	-5.00 m	Densidad aparente: 17.2 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 9.8 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 17 grados Cohesión: 14.72 kN/m <sup>2</sup> Módulo de balasto empuje activo: 17010.5 kN/m <sup>3</sup> Módulo de balasto empuje pasivo: 17010.5 kN/m <sup>3</sup> Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m <sup>4</sup>	Activo trasdós: 0.55 Reposo trasdós: 0.71 Pasivo trasdós: 1.83 Activo intradós: 0.55 Reposo intradós: 0.71 Pasivo intradós: 1.83

Tabla 40. Estratos

➤ GEOMETRÍA

Altura total: 8.00 m  
 Espesor: 40 cm  
 Longitud tramo: 2.50 m

➤ ESQUEMA DE LAS FASES

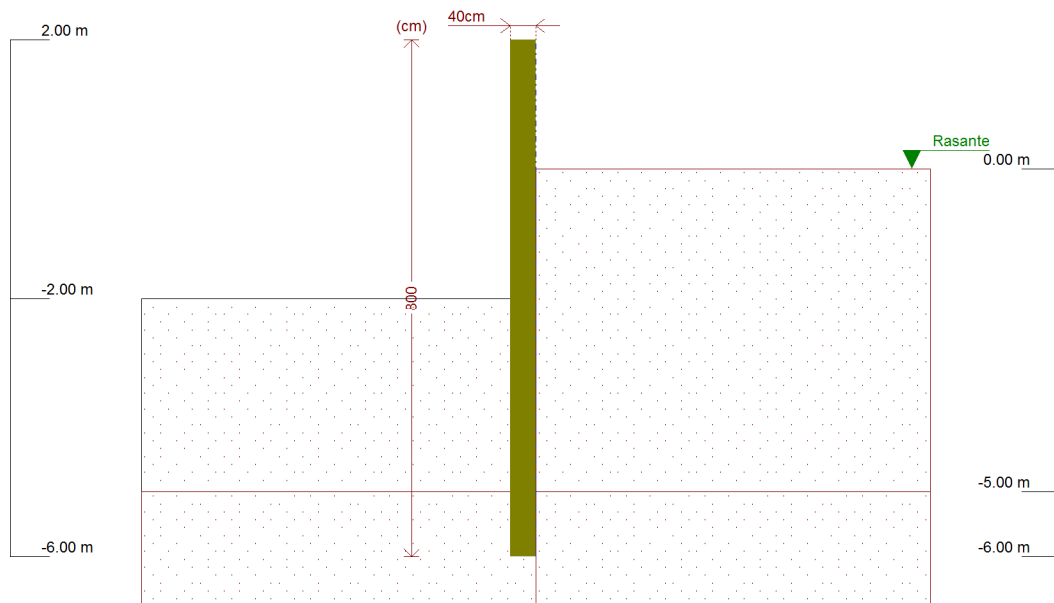


Figura 37. Muro pantalla tipo 3. Fase 1

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Fase 1 excavar 2m	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -2.00 m

Tabla 41. Muro pantalla tipo 3. Fase 1

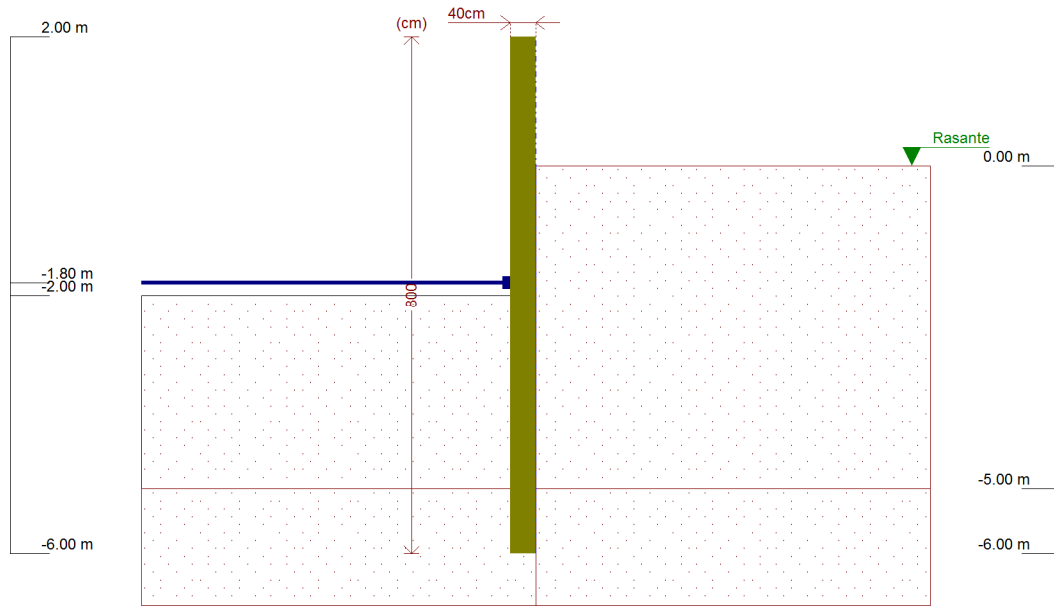


Figura 38. Tabla 31. Muro pantalla tipo 3. Fase 2

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 2	Fase 2 colocar puntal	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -2.00 m

Tabla 42. Tabla 31. Muro pantalla tipo 3. Fase 2

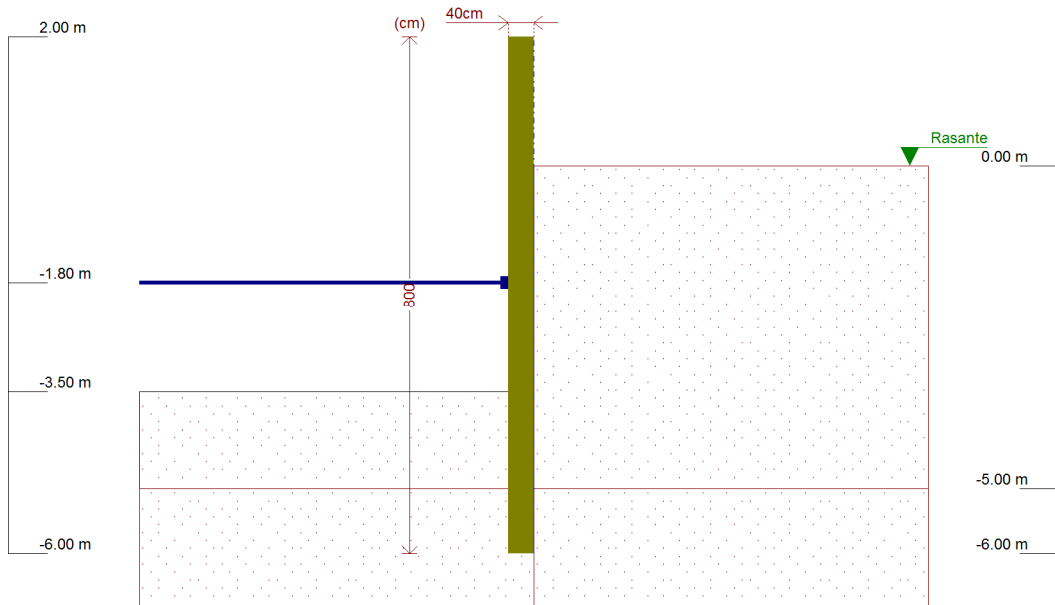


Figura 39. Muro pantalla tipo 3. Fase 3

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 3	Fase 3 excavar 1,5m	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -3.50 m

Tabla 43. Muro pantalla tipo 3. Fase 3

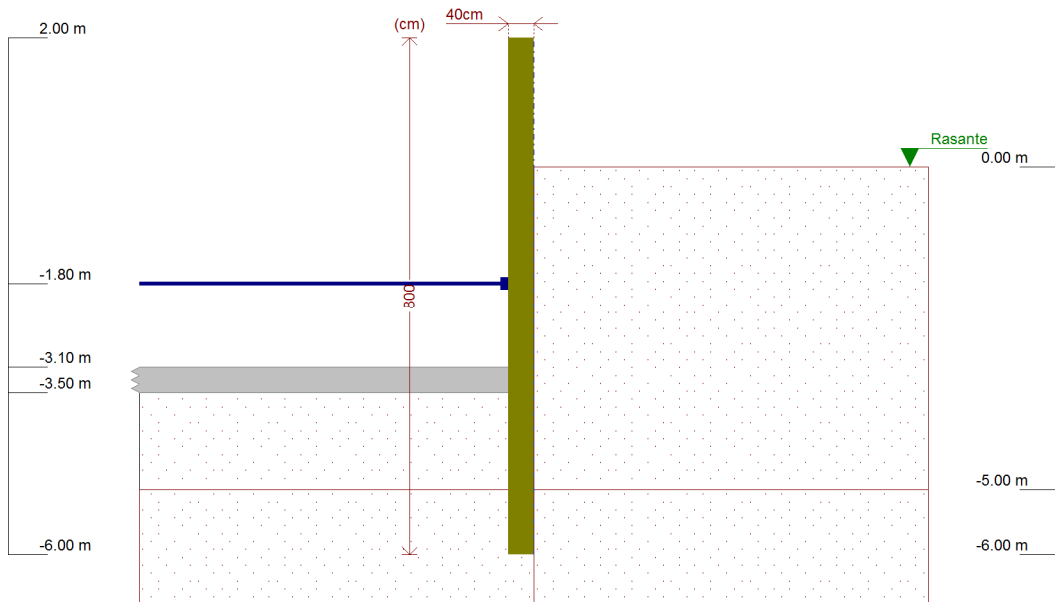


Figura 40. Muro pantalla tipo 3. Fase 4

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 4	Fase 4 losa	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -3.50 m

Tabla 44. Muro pantalla tipo 3. Fase 4

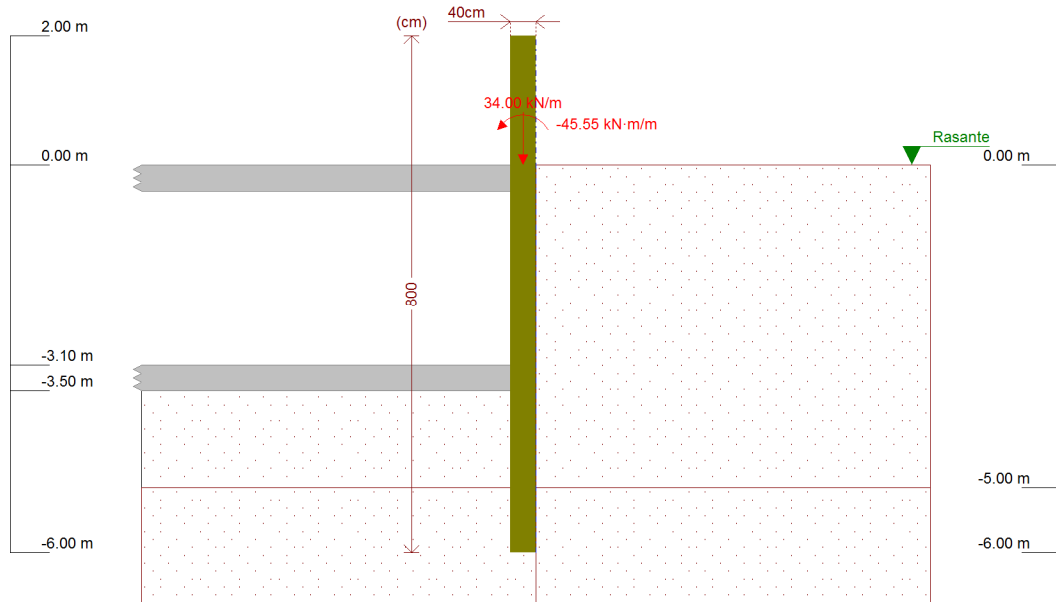


Figura 41. Muro pantalla tipo 3. Fase 5

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 5	Fase 5 forjado	Tipo de fase: Servicio Cota de excavación: -3.50 m

Tabla 45. Muro pantalla tipo 3. Fase 5

➤ ELEMENTOS DE APOYO

**PUNTALES**

Descripción	Fase inicial	Fase final
Cota: -1.80 m Rigidez axil: 9810000 kN/m Separación: 2.5 m	Fase 2 puntal	Fase 5 forjado

Tabla 46. Puntal de apoyo

**FORJADOS**

Descripción	Fase de construcción	Fase de servicio
Cota: -3.10 m Canto: 40 cm Cortante fase constructiva: 0 kN/m Cortante fase de servicio: 0 kN/m Rigidez axil: 9810000 kN/m <sup>2</sup>	Fase 4 losa	Fase 5 forjado
Cota: 0.00 m Canto: 40 cm Cortante fase constructiva: 0 kN/m Cortante fase de servicio: 0 kN/m Rigidez axil: 9810000 kN/m <sup>2</sup>	Fase 5 forjado	Fase 5 forjado

Tabla 47. Forjados

➤ RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

**FASE 1: FASE 1 EXCAVAR 2 M**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
2.00	-1.26	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
1.25	-1.09	7.36	-0.00	-0.00	0.00	0.00
0.50	-0.92	14.72	-0.00	-0.00	0.00	0.00
-0.25	-0.75	22.07	-0.00	-0.00	1.39	0.00
-1.00	-0.59	29.43	2.09	0.87	5.57	0.00
-1.75	-0.42	36.79	7.31	4.87	9.74	0.00
-2.50	-0.27	44.14	12.52	13.57	-11.13	0.00
-3.25	-0.18	51.50	3.36	18.41	-9.89	0.00
-4.00	-0.15	58.86	-3.60	17.39	-9.64	0.00
-4.75	-0.20	66.22	-12.08	10.67	-15.94	0.00
-5.50	-0.28	73.58	-8.29	1.57	14.08	0.00
Máximos	-0.15 Cota: -3.75 m	78.48 Cota: -6.00 m	12.52 Cota: -2.25 m	18.63 Cota: -3.50 m	16.04 Cota: -5.00 m	0.00 Cota: 2.00 m
Mínimos	-1.26 Cota: 2.00 m	-0.00 Cota: 2.00 m	-16.07 Cota: -5.00 m	-0.00 Cota: -0.25 m	-15.94 Cota: -4.75 m	0.00 Cota: 2.00 m



**FASE 2: FASE 2 COLOCAR PUNTAL**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
2.00	-1.26	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
1.25	-1.09	7.36	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	-0.92	14.72	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.25	-0.75	22.07	0.00	0.00	1.39	0.00
-1.00	-0.59	29.43	2.09	0.87	5.57	0.00
-1.75	-0.42	36.79	7.31	4.87	9.74	0.00
-2.25	-0.32	41.69	12.52	10.44	0.00	0.00
-3.00	-0.20	49.05	6.25	17.57	-11.55	0.00
-3.75	-0.15	56.41	-1.36	18.29	-8.93	0.00
-4.50	-0.18	63.77	-8.78	13.69	-13.21	0.00
-5.25	-0.25	71.12	-12.06	3.64	15.08	0.00
-6.00	-0.34	78.48	-1.50	0.00	12.04	0.00
Máximos	-0.15 Cota: -3.75 m	78.48 Cota: -6.00 m	12.52 Cota: -2.25 m	18.63 Cota: -3.50 m	16.04 Cota: -5.00 m	0.00 Cota: 2.00 m
Mínimos	-1.26 Cota: 2.00 m	-0.00 Cota: 2.00 m	-16.07 Cota: -5.00 m	-0.00 Cota: 2.00 m	-15.94 Cota: -4.75 m	0.00 Cota: 2.00 m

**FASE 3: FASE 3 EXCAVAR 1,5 M**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
2.00	-0.73	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
1.25	-0.66	7.36	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	-0.60	14.72	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.25	-0.53	22.07	0.00	0.00	12.52	0.00
-1.00	-0.46	29.43	13.42	6.27	17.56	0.00
-1.75	-0.42	36.79	24.80	22.33	9.74	0.00
-2.25	-0.44	41.69	-19.29	14.46	12.53	0.00
-3.00	-0.51	49.05	-8.86	5.03	16.70	0.00
-3.75	-0.60	56.41	4.71	5.00	8.35	0.00
-4.50	-0.70	63.77	2.63	8.88	-25.05	0.00
-5.25	-0.84	71.12	-9.11	2.53	12.62	0.00
-6.00	-1.00	78.48	0.00	0.00	7.45	0.00
Máximos	-0.42 Cota: -1.80 m	78.48 Cota: -6.00 m	27.24 Cota: -1.80 m	23.70 Cota: -1.80 m	21.57 Cota: -0.50 m	0.00 Cota: 2.00 m
Mínimos	-1.00 Cota: -6.00 m	-0.00 Cota: 2.00 m	-22.08 Cota: -2.00 m	-0.00 Cota: 2.00 m	-36.18 Cota: -4.75 m	0.00 Cota: 2.00 m

**FASE 4: FASE 4 LOSA**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
2.00	-0.73	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
1.25	-0.66	7.36	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	-0.60	14.72	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.25	-0.53	22.07	0.00	0.00	12.52	0.00
-1.00	-0.46	29.43	13.42	6.27	17.56	0.00
-1.75	-0.42	36.79	24.80	22.33	9.74	0.00
-2.25	-0.44	41.69	-19.29	14.46	12.53	0.00
-3.00	-0.51	49.05	-8.86	5.03	16.70	0.00
-3.50	-0.56	53.96	-0.16	3.82	19.48	0.00
-4.25	-0.66	61.31	6.10	8.23	-13.92	0.00
-5.00	-0.80	68.67	-12.68	4.80	14.30	0.00
-5.75	-0.95	76.03	-3.23	0.23	9.18	0.00
Máximos	-0.42 Cota: -1.80 m	78.48 Cota: -6.00 m	27.24 Cota: -1.80 m	23.70 Cota: -1.80 m	21.57 Cota: -0.50 m	0.00 Cota: 2.00 m
Mínimos	-1.00 Cota: -6.00 m	-0.00 Cota: 2.00 m	-22.08 Cota: -2.00 m	-0.00 Cota: 2.00 m	-36.18 Cota: -4.75 m	0.00 Cota: 2.00 m

**FASE 5: FASE 5 FORJADO**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
2.00	-1.16	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
1.25	-0.95	7.36	-0.00	-0.00	0.00	0.00
0.50	-0.73	14.72	-0.00	-0.00	0.00	0.00
-0.20	-0.54	55.58	-0.00	45.55	9.63	0.00
-0.75	-0.46	60.98	-29.58	27.35	22.09	0.00
-1.50	-0.44	68.34	-15.21	12.73	11.85	0.00
-2.25	-0.47	75.69	-7.03	5.46	12.53	0.00
-3.00	-0.52	83.05	3.41	5.24	16.70	0.00
-3.50	-0.56	87.96	-3.29	7.08	19.71	0.00
-4.25	-0.65	95.31	3.75	9.43	-11.83	0.00
-5.00	-0.78	102.67	-13.28	5.08	14.78	0.00
-5.75	-0.93	110.03	-3.44	0.25	9.75	0.00
Máximos	-0.44 Cota: -1.25 m	112.48 Cota: -6.00 m	12.11 Cota: -3.30 m	45.55 Cota: -0.20 m	23.62 Cota: -0.50 m	0.00 Cota: 2.00 m
Mínimos	-1.16 Cota: 2.00 m	-0.00 Cota: 2.00 m	-38.62 Cota: -0.25 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-33.59 Cota: -4.75 m	0.00 Cota: 2.00 m

➤ RESULTADO PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.

PUNTALES

Cota: -1.80 m	
Fase	Resultado
Fase 2 puntal	Carga puntual: -1.97 kN Carga lineal: -0.79 kN/m
Fase 3 excavar 1,5 m	Carga puntual: 123.29 kN Carga lineal: 49.32 kN/m
Fase 4 losa	Carga puntual: 123.29 kN Carga lineal: 49.32 kN/m

FORJADOS

Cota: 0.00 m	
Fase	Resultado
Fase 5 forjado	Carga lineal: 38.62 kN/m

Cota: -3.10 m	
Fase	Resultado
Fase 4 losa	Carga lineal: -1.30 kN/m
Fase 5 forjado	Carga lineal: 15.40 kN/m

➤ DESCRIPCIÓN DEL ARMADO

Armado vertical trasdós	Armado vertical intradós	Armado base horizontal	Rigidizador vertical	Rigidizador horizontal
Ø12c/30 Refuerzos: - Ø12 L(200), D(150) D: Distancia desde coronación	Ø12c/30	Ø12c/25	2Ø12	4Ø12

Tabla 48. Armado del muro tipo 3

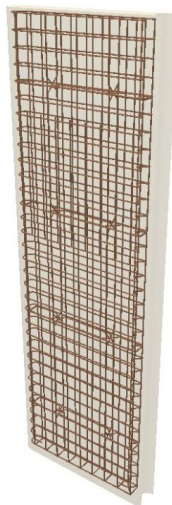


Figura 42. Vista 3D muro tipo 3

➤ COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA

Referencia: MURO TIPO 3		
Comprobación	Valores	Estado
Recubrimiento: <i>Norma EHE-08. Artículo 37.2.4.1</i>	Mínimo: 7 cm Calculado: 7 cm	Cumple
Separación libre mínima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i>	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 23.8 cm	Cumple
Separación máxima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima horizontal por cara: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.00113	Cumple
Cuantía mínima mecánica horizontal por cara: <i>Criterio J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano". (Cuantía horizontal &gt; 20% Cuantía vertical)</i>	Mínimo: 0.00037 Calculado: 0.00113	Cumple
Longitud de patilla horizontal: <i>La longitud de la patilla debe ser, como mínimo, 12 veces el diámetro. Criterio de J. Calavera, "Manual de Detalles Constructivos en Obras de Hormigón Armado".</i>	Mínimo: 14 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0009	
- Trasdós:	Calculado: 0.00094	Cumple
- Intradós:	Calculado: 0.00094	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.00027	
- Trasdós:	Calculado: 0.00094	Cumple
- Intradós:	Calculado: 0.00094	Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada: - Trasdós: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.2</i>	Mínimo: 0.00145 Calculado: 0.00188	Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara comprimida: - Intradós: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.3</i>	Mínimo: 7e-005 Calculado: 0.00094	Cumple
Separación libre mínima armaduras verticales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i>	Mínimo: 2.5 cm	
- Trasdós, vertical:	Calculado: 13.8 cm	Cumple
- Intradós, vertical:	Calculado: 28.8 cm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura vertical Trasdós, vertical:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armadura vertical Intradós, vertical:	Calculado: 30 cm	Cumple
Comprobación a flexión compuesta: <i>Comprobación realizada por módulo de pantalla</i>		Cumple

## ANEJO 7. ESTRUCTURA PRINCIPAL

Referencia: MURO TIPO 3		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación a cortante: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.2.1</i>	Máximo: 444.5 kN Calculado: 154.4 kN	Cumple
Comprobación de fisuración: <i>Norma EHE-08. Artículo 49.2.3</i>	Máximo: 0.3 mm Calculado: 0 mm	Cumple
Rigidizadores horizontales: - Diámetro mínimo: <i>Criterio de CYPE Ingenieros. El diámetro del rigidizador debe ser como mínimo igual al mayor diámetro de la armadura base vertical.</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
- Separación máxima: <i>Criterio NTE. Acondicionamiento del Terreno. Cimentaciones.</i>	Máximo: 2.5 m Calculado: 2 m	Cumple
Rigidizadores verticales: - Diámetro mínimo: <i>Criterio de CYPE Ingenieros. El diámetro del rigidizador debe ser como mínimo igual al mayor diámetro de la armadura base vertical.</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
- Separación máxima: <i>Criterio NTE. Acondicionamiento del Terreno. Cimentaciones.</i>	Máximo: 1.5 m Calculado: 1.25 m	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -0.25 m, Md: 174.48 kN·m, Nd: 0.00 kN, Vd: -154.48 kN, Tensión máxima del acero: 332.708 MPa - Sección crítica a cortante: Cota: -0.25 m - Los esfuerzos están mayorados y corresponden al ancho total del tramo definido. (Longitud tramo: 2.50 m)		

*Figura 43. Comprobaciones geométricas y de resistencia*

➤ COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTE DE SEGURIDAD)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): MURO TIPO 3		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós:</p> <p>- Hipótesis básica: <i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <p>- Fase 1 excavar 2 m:</p> <p>- Fase 2 colocar puntal:</p> <p>- Fase 3 excavar 1,5 m:</p> <p>- Fase 4 losa <sup>(1)</sup></p> <p>- Fase 5 forjado <sup>(1)</sup></p> <p><sup>(1)</sup>Existe más de un apoyo.</p>	<p>Mínimo: 1.67</p> <p>Calculado: 2.614</p> <p>Calculado: 4.883</p> <p>Calculado: 2.516</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>No procede</p> <p>No procede</p>
<p>Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós:</p> <p>Hipótesis básica:</p> <p>- Fase 1 excavar 2 m: <i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <p>- Fase 2 colocar puntal: <i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <p>- Fase 3 excavar 1,5 m: <i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <p>- Fase 4 losa: <i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <p>- Fase 5 forjado: <i>Valor introducido por el usuario.</i></p>	<p>Mínimo: 1.67 Calculado: 2.774</p> <p>Mínimo: 1.67 Calculado: 2.774</p> <p>Mínimo: 1.67 Calculado: 1.767</p> <p>Mínimo: 1.67 Calculado: 1.767</p> <p>Mínimo: 1.67 Calculado: 1.797</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
Se cumplen todas las comprobaciones		

Tabla 49. Comprobaciones de estabilidad



#### 9.1.3.4 MURO PANTALLA TIPO 4

##### ➤ NORMA Y MATERIALES

Norma de hormigón: EHE-08 (España)

Hormigón: HA-25,  $Y_c=1.5$

Acero: B 500 S,  $Y_s=1.15$

Clase de exposición: Clase IIa

Recubrimiento geométrico: 7.0 cm

Tamaño máximo del árido: 20 mm

##### ➤ ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.60

Mayoración esfuerzos en servicio: 1.60

Sin análisis sísmico

Sin considerar acciones térmicas en puntales

##### ➤ DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 1.00 m

Tipología: Muro pantalla de hormigón armado

##### ➤ DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Referencias	Cota superior	Descripción	Coefficientes de empuje
1	0.00 m	Densidad aparente: 16.7 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 9.8 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 30 grados Cohesión: 0.00 kN/m <sup>2</sup> Módulo de balasto empuje activo: 98100.0 kN/m <sup>3</sup> Módulo de balasto empuje pasivo: 98100.0 kN/m <sup>3</sup> Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m <sup>4</sup>	Activo trasdós: 0.33 Reposo trasdós: 0.50 Pasivo trasdós: 3.00 Activo intradós: 0.33 Reposo intradós: 0.50 Pasivo intradós: 3.00
2	-5.00 m	Densidad aparente: 17.2 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 9.8 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 17 grados Cohesión: 14.72 kN/m <sup>2</sup> Módulo de balasto empuje activo: 17010.5 kN/m <sup>3</sup> Módulo de balasto empuje pasivo: 17010.5 kN/m <sup>3</sup> Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m <sup>4</sup>	Activo trasdós: 0.55 Reposo trasdós: 0.71 Pasivo trasdós: 1.83 Activo intradós: 0.55 Reposo intradós: 0.71 Pasivo intradós: 1.83

Tabla 50. Estratos

➤ GEOMETRÍA

Altura total: 7.00 m  
 Espesor: 40 cm  
 Longitud tramo: 2.50 m

➤ ESQUEMA DE LAS FASES

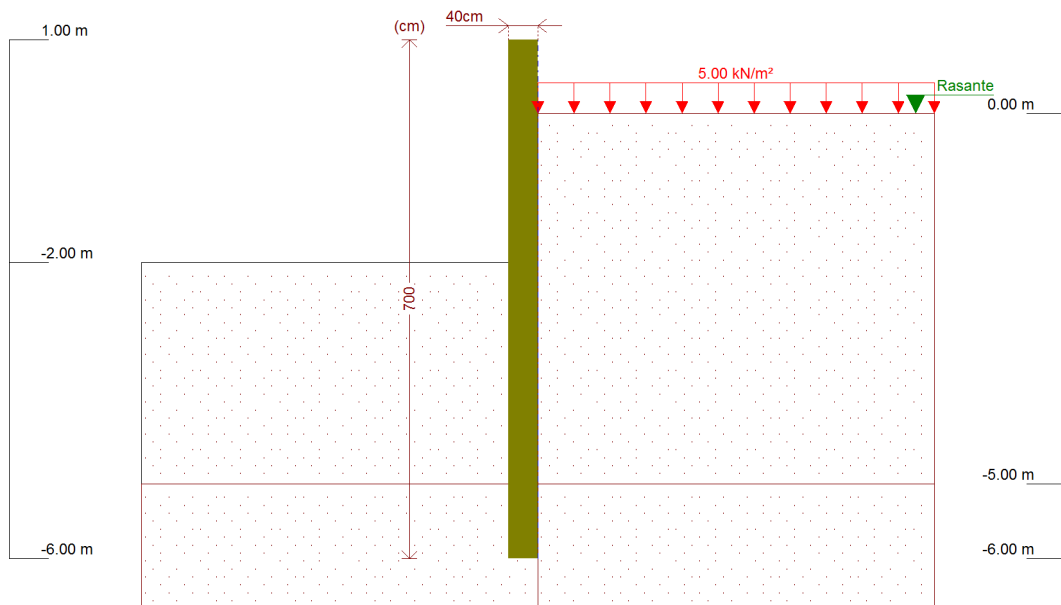


Figura 44. Muro pantalla tipo 4. Fase 1

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Fase 1 excavar 2m	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -2.00 m

Tabla 51. Muro pantalla tipo 4. Fase 1

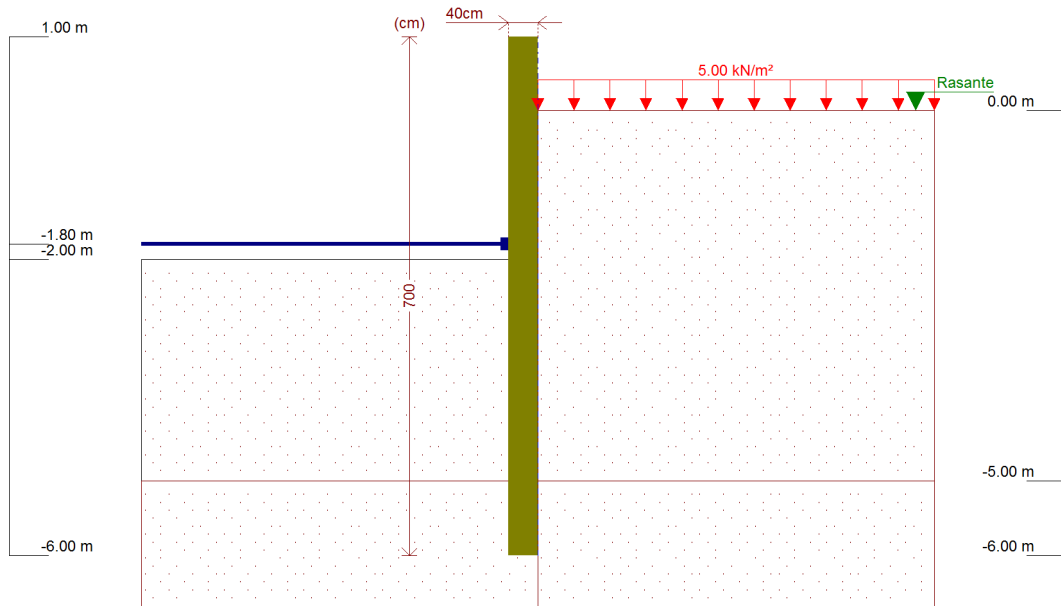


Figura 45. Muro pantalla tipo 4. Fase 2

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 2	Fase 2 colocar puntal	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -2.00 m

Tabla 52. Muro pantalla tipo 4. Fase 2

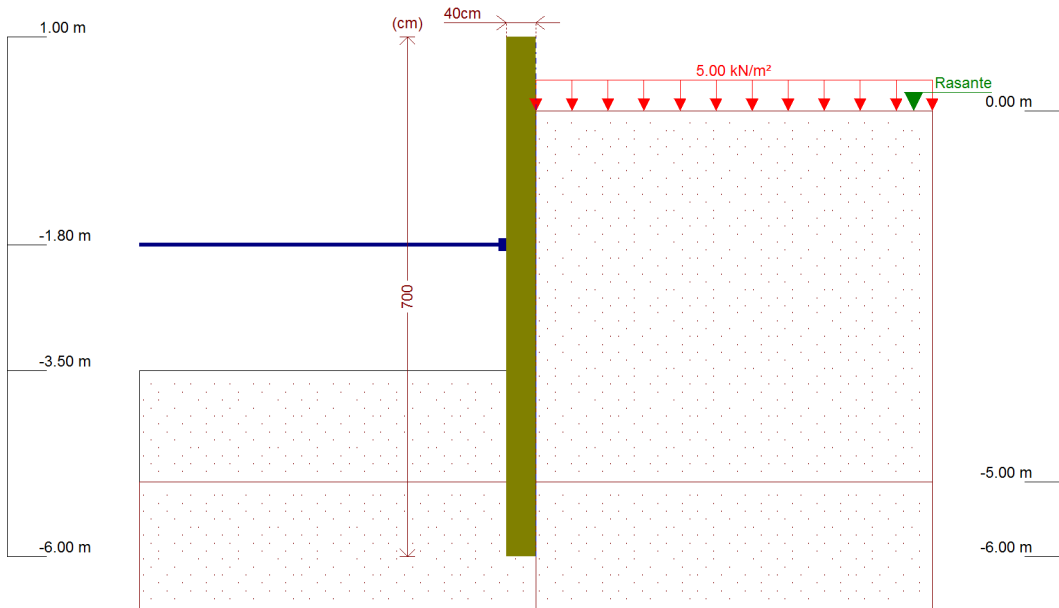


Figura 46. Muro pantalla tipo 4. Fase 3

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 3	Fase 3 excavar 1,5m	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -3.50 m

Tabla 53. Muro pantalla tipo 4. Fase 3

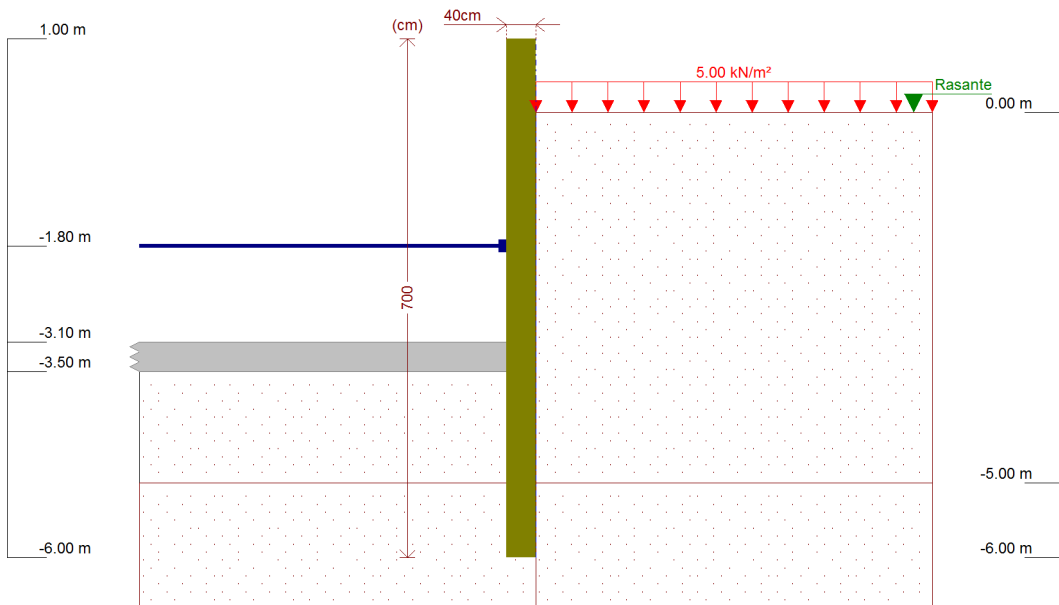


Figura 47 . Muro pantalla tipo 4. Fase 4

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 4	Fase 4 losa	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -3.50 m

Tabla 54. Muro pantalla tipo 4. Fase 4

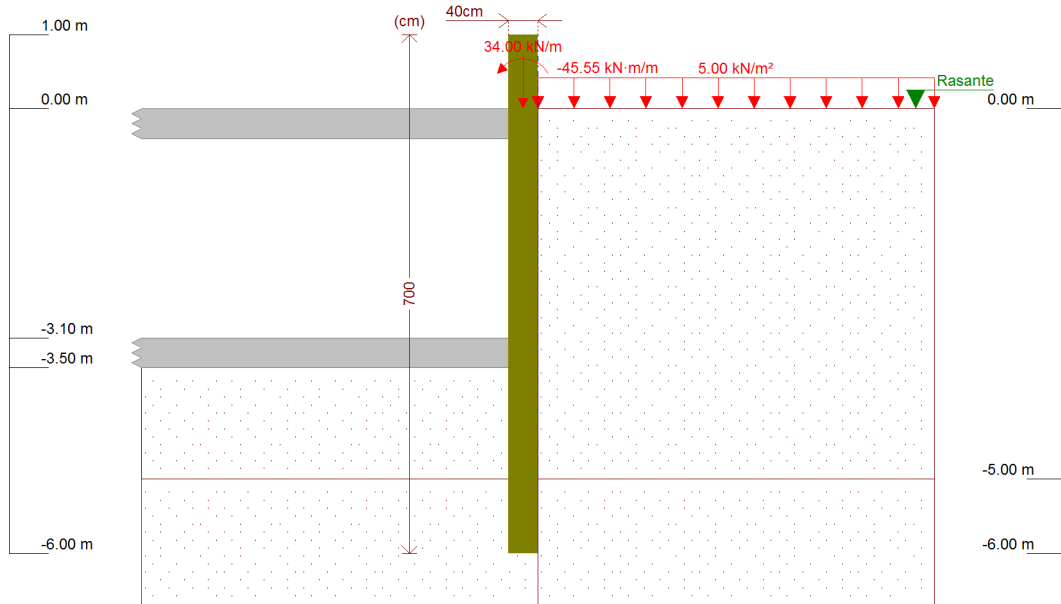


Figura 48. Muro pantalla tipo 4. Fase 5

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 5	Fase 5 forjado	Tipo de fase: Servicio Cota de excavación: -3.50 m

Tabla 55. Muro pantalla tipo 4. Fase 5

➤ CARGAS

**CARGAS EN EL TRASDÓS**

Tipo	Cota	Datos	Fase inicial	Fase final
Uniforme	En superficie	Valor: 5 kN/m <sup>2</sup>	Fase 0	Fase 5 forjado

Tabla 56. Carga de la acera en el muro tipo 4

➤ ELEMENTOS DE APOYO

**PUNTALES**

Descripción	Fase inicial	Fase final
Cota: -1.80 m Rigidez axil: 9810000 kN/m Separación: 2.5 m	Fase 2 puntal	Fase 5 forjado

Tabla 57. Puntal de apoyo

**FORJADOS**

Descripción	Fase de construcción	Fase de servicio
Cota: -3.10 m Canto: 40 cm Cortante fase constructiva: 0 kN/m Cortante fase de servicio: 0 kN/m Rigidez axil: 9810000 kN/m <sup>2</sup>	Fase 4 losa	Fase 5 forjado
Cota: 0.00 m Canto: 40 cm Cortante fase constructiva: 0 kN/m Cortante fase de servicio: 0 kN/m Rigidez axil: 9810000 kN/m <sup>2</sup>	Fase 5 forjado	Fase 5 forjado

Tabla 58. Forjados

➤ **RESULTADOS DE LAS FASES**

**FASE 1: FASE 1 EXCAVAR 2M**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
1.00	-1.67	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	-1.48	4.91	0.00	-0.00	0.00	0.00
0.00	-1.30	9.81	0.00	0.00	1.67	0.00
-0.50	-1.12	14.72	0.97	0.30	4.45	0.00
-1.00	-0.93	19.62	3.55	1.70	7.23	0.00
-1.50	-0.75	24.53	7.51	4.92	10.02	0.00
-2.00	-0.58	29.43	12.87	10.64	12.80	0.00
-2.50	-0.43	34.33	16.48	18.78	-9.47	0.00
-3.00	-0.31	39.24	8.97	24.55	-20.07	0.00
-3.50	-0.23	44.15	-0.14	25.50	-13.73	0.00
-4.00	-0.19	49.05	-6.62	22.95	-11.71	0.00
-4.50	-0.20	53.96	-12.60	17.41	-13.59	0.00
-5.00	-0.23	58.86	-19.93	8.43	19.24	0.00
-5.50	-0.28	63.77	-10.52	2.02	17.54	0.00
-6.00	-0.34	68.67	-1.97	0.00	15.75	0.00
Máximos	-0.19 Cota: -4.25 m	68.67 Cota: -6.00 m	16.48 Cota: -2.50 m	25.53 Cota: -3.25 m	19.24 Cota: -5.00 m	0.00 Cota: 1.00 m
Mínimos	-1.67 Cota: 1.00 m	0.00 Cota: 1.00 m	-19.93 Cota: -5.00 m	-0.00 Cota: 0.75 m	-20.60 Cota: -2.75 m	0.00 Cota: 1.00 m



**FASE 2: FASE 2 COLOCAR PUNTAL**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
1.00	-1.67	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
0.25	-1.39	7.36	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.50	-1.12	14.72	0.97	0.30	4.45	0.00
-1.25	-0.84	22.07	5.35	3.04	8.63	0.00
-1.80	-0.65	27.47	12.87	8.07	11.86	0.00
-2.50	-0.43	34.34	16.48	18.78	-9.47	0.00
-3.25	-0.26	41.69	3.95	25.53	-16.35	0.00
-4.00	-0.19	49.05	-6.62	22.95	-11.71	0.00
-4.75	-0.21	56.41	-16.00	13.42	-15.72	0.00
-5.50	-0.28	63.77	-10.52	2.02	17.54	0.00
Máximos	-0.19 Cota: -4.25 m	68.67 Cota: -6.00 m	16.48 Cota: -2.50 m	25.53 Cota: -3.25 m	19.24 Cota: -5.00 m	0.00 Cota: 1.00 m
Mínimos	-1.67 Cota: 1.00 m	0.00 Cota: 1.00 m	-19.93 Cota: -5.00 m	-0.00 Cota: 1.00 m	-20.60 Cota: -2.75 m	0.00 Cota: 1.00 m

**FASE 3: FASE 3 EXCAVAR 1,5M**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
1.00	-1.30	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
0.25	-1.11	7.36	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.50	-0.93	14.72	8.04	2.48	23.08	0.00
-1.25	-0.76	22.07	24.05	16.74	17.32	0.00
-1.80	-0.67	27.47	34.86	33.58	11.69	0.00
-2.50	-0.64	34.34	-20.85	16.75	15.58	0.00
-3.25	-0.68	41.69	-8.12	7.30	19.76	0.00
-4.00	-0.75	49.05	4.61	8.18	-1.12	0.00
-4.75	-0.85	56.41	-4.58	8.43	-34.52	0.00
-5.50	-0.98	63.77	-6.36	1.14	11.41	0.00
Máximos	-0.64 Cota: -2.25 m	68.67 Cota: -6.00 m	34.86 Cota: -1.80 m	33.58 Cota: -1.80 m	24.68 Cota: -0.25 m	0.00 Cota: 1.00 m
Mínimos	-1.30 Cota: 1.00 m	0.00 Cota: 1.00 m	-27.60 Cota: -2.00 m	-0.00 Cota: 1.00 m	-34.52 Cota: -4.75 m	0.00 Cota: 1.00 m

**FASE 4: FASE 4 LOSA**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
1.00	-1.30	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
0.25	-1.11	7.36	-0.00	-0.00	0.00	0.00
-0.50	-0.93	14.72	8.04	2.48	23.08	0.00
-1.25	-0.76	22.07	24.05	16.74	17.32	0.00
-1.80	-0.67	27.47	34.86	33.58	11.69	0.00
-2.50	-0.64	34.34	-20.85	16.75	15.58	0.00
-3.25	-0.68	41.69	-8.12	7.30	19.76	0.00
-3.75	-0.73	46.60	2.10	7.03	10.02	0.00
-4.50	-0.82	53.96	1.27	9.58	-23.38	0.00
-5.25	-0.94	61.31	-9.60	2.73	12.94	0.00
-6.00	-1.07	68.67	0.00	0.00	8.34	0.00
Máximos	-0.64 Cota: -2.25 m	68.67 Cota: -6.00 m	34.86 Cota: -1.80 m	33.58 Cota: -1.80 m	24.68 Cota: -0.25 m	0.00 Cota: 1.00 m
Mínimos	-1.30 Cota: 1.00 m	0.00 Cota: 1.00 m	-27.60 Cota: -2.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-34.52 Cota: -4.75 m	0.00 Cota: 1.00 m

**FASE 5: FASE 5 FORJADO**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
1.00	-1.49	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
0.25	-1.18	7.36	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.25	-0.99	46.26	-39.95	43.85	24.68	0.00
-1.00	-0.81	53.62	-22.20	22.92	19.05	0.00
-1.75	-0.73	60.98	-11.08	12.37	11.41	0.00
-2.50	-0.69	68.33	-1.48	8.69	15.58	0.00
-3.25	-0.69	75.69	11.26	13.78	19.76	0.00
-3.75	-0.72	80.60	-3.82	11.79	12.33	0.00
-4.50	-0.79	87.96	-2.25	10.99	-18.84	0.00
-5.25	-0.91	95.31	-10.51	3.03	13.92	0.00
-6.00	-1.04	102.67	0.00	0.00	9.46	0.00
Máximos	-0.69 Cota: -3.00 m	102.67 Cota: -6.00 m	16.20 Cota: -3.30 m	45.85 Cota: -0.20 m	24.68 Cota: -0.25 m	0.00 Cota: 1.00 m
Mínimos	-1.49 Cota: 1.00 m	0.00 Cota: 1.00 m	-39.95 Cota: -0.25 m	-0.00 Cota: 1.00 m	-29.56 Cota: -4.75 m	0.00 Cota: 1.00 m

➤ RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.

PUNTALES

Cota: -1.80 m	
Fase	Resultado
Fase 2 puntal	Carga puntual: -2.94 kN Carga lineal: -1.18 kN/m
Fase 3 excavar 1,5m	Carga puntual: 156.17 kN Carga lineal: 62.47 kN/m
Fase 4 losa	Carga puntual: 156.17 kN Carga lineal: 62.47 kN/m

FORJADOS

Cota: 0.00 m	
Fase	Resultado
Fase 5 forjado	Carga lineal: 41.44 kN/m

Cota: -3.10 m	
Fase	Resultado
Fase 4 losa	Carga lineal: -2.35 kN/m
Fase 5 forjado	Carga lineal: 25.42 kN/m

➤ DESCRIPCIÓN DEL ARMADO

Armado vertical trasdós	Armado vertical intradós	Armado base horizontal	Rigidizador vertical	Rigidizador horizontal
Ø12c/30 Refuerzos: - Ø12 L (480), D (60) D: Distancia desde coronación	Ø12c/30	Ø12c/25	2Ø12	3Ø12

Tabla 59. Armado del muro tipo 4

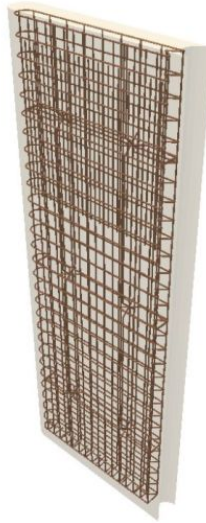


Figura 49. Vista 3D muro tipo 4

**9.1.4 COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA**

Referencia: MURO TIPO 4		
Comprobación	Valores	Estado
Recubrimiento: <i>Norma EHE-08. Artículo 37.2.4.1</i>	Mínimo: 7 cm Calculado: 7 cm	Cumple
Separación libre mínima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i>	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 23.8 cm	Cumple
Separación máxima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima horizontal por cara: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.00113	Cumple
Cuantía mínima mecánica horizontal por cara: <i>Criterio J. Calavera. "Muros de contención y muros de sótano". (Cuantía horizontal &gt; 20% Cuantía vertical)</i>	Mínimo: 0.00037 Calculado: 0.00113	Cumple
Longitud de patilla horizontal: <i>La longitud de la patilla debe ser, como mínimo, 12 veces el diámetro. Criterio de J. Calavera, "Manual de Detalles Constructivos en Obras de Hormigón Armado".</i>	Mínimo: 14 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0009	
- Trasdós:	Calculado: 0.00094	Cumple
- Intradós:	Calculado: 0.00094	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.00027	
- Trasdós:	Calculado: 0.00094	Cumple
- Intradós:	Calculado: 0.00094	Cumple

## ANEJO 7. ESTRUCTURA PRINCIPAL

Referencia: MURO TIPO 4		
Comprobación	Valores	Estado
Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada: - Trasdós: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.2</i>	Mínimo: 0.00145 Calculado: 0.00188	Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara comprimida: - Intradós: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.3</i>	Mínimo: 5e-005 Calculado: 0.00094	Cumple
Separación libre mínima armaduras verticales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i> - Trasdós, vertical: - Intradós, vertical:	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 13.8 cm Calculado: 28.8 cm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i> - Armadura vertical Trasdós, vertical: - Armadura vertical Intradós, vertical:	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple Cumple
Comprobación a flexión compuesta: <i>Comprobación realizada por módulo de pantalla</i>		Cumple
Comprobación a cortante: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.2.1</i>	Máximo: 444.5 kN Calculado: 159.8 kN	Cumple
Comprobación de fisuración: <i>Norma EHE-08. Artículo 49.2.3</i>	Máximo: 0.3 mm Calculado: 0 mm	Cumple
Rigidizadores horizontales: - Diámetro mínimo: <i>Criterio de CYPE Ingenieros. El diámetro del rigidizador debe ser como mínimo igual al mayor diámetro de la armadura base vertical.</i> - Separación máxima: <i>Criterio NTE. Acondicionamiento del Terreno. Cimentaciones.</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Máximo: 2.5 m Calculado: 2.33 m	Cumple Cumple
Rigidizadores verticales: - Diámetro mínimo: <i>Criterio de CYPE Ingenieros. El diámetro del rigidizador debe ser como mínimo igual al mayor diámetro de la armadura base vertical.</i> - Separación máxima: <i>Criterio NTE. Acondicionamiento del Terreno. Cimentaciones.</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Máximo: 1.5 m Calculado: 1.25 m	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -0.25 m, Md: 174.17 kN·m, Nd: 0.00 kN, Vd: -163.98 kN, Tensión máxima del acero: 332.116 MPa - Sección crítica a cortante: Cota: -0.25 m - Los esfuerzos están mayorados y corresponden al ancho total del tramo definido. (Longitud tramo: 2.50 m)		

Tabla 60. Comprobaciones geométricas y de resistencia

➤ COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): MURO TIPO 4		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hipótesis básica: <i>Valor introducido por el usuario.</i></li> <li>- Fase:</li> <li>- Fase 1 excavar 2:</li> <li>- Fase 2 puntal:</li> <li>- Fase 1 excavar 1,5:</li> <li>- Fase 2 losa <sup>(1)</sup></li> <li>- Fase forjado <sup>(1)</sup></li> </ul> <p><i>(1) Existe más de un apoyo.</i></p>	<p>Mínimo: 1.67</p> <p>Calculado: 7.65</p> <p>Calculado: 2.252</p> <p>Calculado: 4.541</p> <p>Calculado: 2.34</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>No procede</p> <p>No procede</p>
<p>Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós:</p> <p>Hipótesis básica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fase <sup>(1)</sup></li> <li>- Fase 1 excavar 2: <i>Valor introducido por el usuario.</i></li> <li>- Fase 2 puntal: <i>Valor introducido por el usuario.</i></li> <li>- Fase 1 excavar 1,5: <i>Valor introducido por el usuario.</i></li> <li>- Fase 2 losa: <i>Valor introducido por el usuario.</i></li> <li>- Fase forjado: <i>Valor introducido por el usuario.</i></li> </ul> <p><i>(1) No se ha movilizado el empuje pasivo en el intradós.</i></p>	<p>Mínimo: 1.67</p> <p>Calculado: 2.544</p> <p>Mínimo: 1.67</p> <p>Calculado: 2.544</p> <p>Mínimo: 1.67</p> <p>Calculado: 1.733</p> <p>Mínimo: 1.67</p> <p>Calculado: 1.733</p> <p>Mínimo: 1.67</p> <p>Calculado: 1.791</p>	<p>No procede</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
Se cumplen todas las comprobaciones		

Tabla 61. Comprobaciones de estabilidad

## 9.2 LOSA DE CIMENTACIÓN

### 9.2.1 DESCRIPCIÓN

La losa de cimentación corresponde con una losa maciza de hormigón armado 40 cm de canto, conformada en el modelo de CypeCad por 4 vigas de cimentación perimetrales de 50x40 cm. Estas vigas quedan reflejadas en el presente anejo, pero no se contemplan en el presupuesto ya que se han dimensionado unicamente para el cálculo de la losa en el programa CypeCad.

La losa consta de las siguientes características:

- Superficie total: 297.11 m<sup>2</sup>
- Losa de cimentación: 262.60 m<sup>2</sup>
- Superficie en planta de vigas: 33.51 m<sup>2</sup>
- Superficie lateral de vigas: 27.61 m<sup>2</sup>
- Hormigón total en vigas: 13.40 m<sup>3</sup>
- Volumen de las vigas: 13.40 m<sup>3</sup>
- Volumen losa de cimentación: 105.04 m<sup>3</sup>

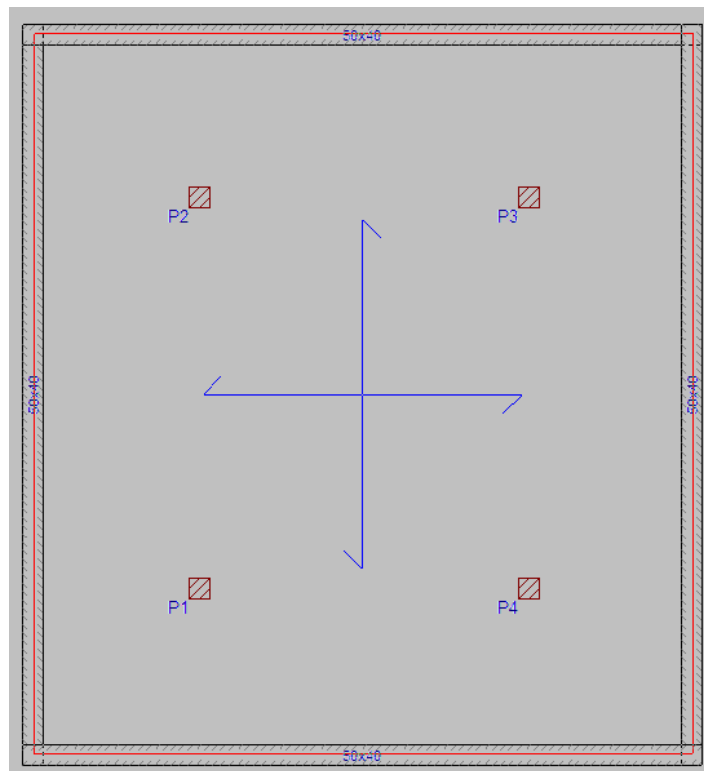


Figura 50. Losa de cimentación. Geometría. Fuente CypeCad



A continuación, se adjunta una tabla de caracterización de las vigas de cimentación:

Vigas de la losa		
Pórtico	Tramo	Dimensión
1	B11-B8	50x40
2	B10-B9	50x40
3	B11-B10	50x40
4	B8-B9	50x40

Tabla 62. Descripción de las vigas de la losa. Fuente CypeCad

### 9.2.2 COMPROBACIÓN DE LAS TENSIONES DEL TERRENO BAJO LAS VIGAS DE CIMENTACIÓN

Tensión admisible en situaciones persistentes: 0.118 MPa

Tensión admisible en situaciones accidentales: 0.177 MPa

Situaciones persistentes o transitorias					
Pórtico	Viga		Tensión media (MPa)	Tensión en bordes (MPa)	Estado
	Tramo	Dimensión			
1	B11-B8	50x40	0.23	0.24	Cumple
2	B10-B9	50x40	0.24	0.25	Cumple
3	B11-B10	50x40	0.22	0.22	Cumple
4	B8-B9	50x40	0.22	0.22	Cumple

Tabla 63. Comprobación de las tensiones del terreno bajo las vigas de cimentación. Fuente: CypeCad

### 9.2.3 COMPROBACIONES ELU DE LAS VIGAS DE CIMENTACIÓN

Vigas	COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-08)														Estado	
	Disp.	Arm.	Q	N,M	T <sub>c</sub>	T <sub>sa</sub>	T <sub>sl</sub>	TNM <sub>x</sub>	TV <sub>x</sub>	TV <sub>y</sub>	TV <sub>x</sub> S <sub>c</sub>	TV <sub>y</sub> S <sub>c</sub>	T,Geom.	T,Disp <sub>sa</sub>		T,Disp <sub>sl</sub>
B11 - B8	Cumple	'0.000 m' Cumple	'1.996 m' η = 23.8	'2.996 m' η = 62.9	'13.746 m' η = 5.2	'13.746 m' η = 24.6	'13.746 m' η = 7.4	'13.496 m' Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	'13.746 m' η = 1.5	N.P. <sup>(1)</sup>	'13.746 m' Cumple	'13.496 m' Cumple	'13.496 m' Cumple	'13.496 m' Cumple	<b>CUMPLE</b> η = 39.3
B10 - B9	Cumple	'0.000 m' Cumple	'1.752 m' η = 23.5	'3.002 m' η = 66.5	'1.752 m' η = 5.4	'1.752 m' η = 25.5	'1.752 m' η = 7.6	'2.252 m' Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	'1.752 m' η = 1.6	N.P. <sup>(1)</sup>	'1.752 m' Cumple	'1.002 m' Cumple	'1.002 m' Cumple	'1.002 m' Cumple	<b>CUMPLE</b> η = 44.5
B11 - B10	Cumple	'0.000 m' Cumple	'15.251 m' η = 20.6	'3.001 m' η = 71.4	'10.576 m' η = 11.4	'10.576 m' η = 53.9	'10.576 m' η = 10.9	'2.001 m' Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	'10.576 m' η = 3.7	N.P. <sup>(1)</sup>	'10.576 m' Cumple	'1.001 m' Cumple	'1.001 m' Cumple	'1.001 m' Cumple	<b>CUMPLE</b> η = 41.5
B8 - B9	Cumple	'0.000 m' Cumple	'1.752 m' η = 21.9	'3.002 m' η = 69.0	'11.252 m' η = 5.6	'11.252 m' η = 26.2	'11.752 m' η = 7.5	'2.002 m' Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	'1.752 m' η = 1.5	N.P. <sup>(1)</sup>	'11.252 m' Cumple	'1.002 m' Cumple	'1.002 m' Cumple	'1.002 m' Cumple	<b>CUMPLE</b> η = 43.1

Notación:  
 Disp.: Disposiciones relativas a las armaduras  
 Arm.: Armadura mínima y máxima  
 Q: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas)  
 N,M: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas)  
 T<sub>c</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Compresión oblicua.  
 T<sub>sa</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en el alma.  
 T<sub>sl</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en las armaduras longitudinales.  
 TNM<sub>x</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y esfuerzos normales. Flexión alrededor del eje X.  
 TV<sub>x</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje X. Compresión oblicua  
 TV<sub>y</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Compresión oblicua  
 TV<sub>x</sub>S<sub>c</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje X. Tracción en el alma.  
 TV<sub>y</sub>S<sub>c</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Tracción en el alma.  
 T,Geom.: Estado límite de agotamiento por torsión. Relación entre las dimensiones de la sección.  
 T,Disp<sub>sa</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal.  
 T,Disp<sub>sl</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura transversal.  
 x: Distancia al origen de la barra  
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)  
 N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):  
<sup>(1)</sup> La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.

Tabla 64. Comprobaciones de resistencia. Fuente CypeCad

Vigas	COMPROBACIONES DE FISURACIÓN (INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-08)							Estado
	$\sigma_c$	$W_{k,C,sup.}$	$W_{k,C,Lat.Der.}$	$W_{k,C,inf.}$	$W_{k,C,Lat.Izq.}$	$\sigma_{sr}$	$V_{fis}$	
B11 - B8	x: 3.246 m Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	Cumple	<b>CUMPLE</b>
B10 - B9	x: 3.252 m Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	Cumple	<b>CUMPLE</b>
B11 - B10	x: 3.251 m Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	Cumple	<b>CUMPLE</b>
B8 - B9	x: 3.252 m Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	Cumple	<b>CUMPLE</b>

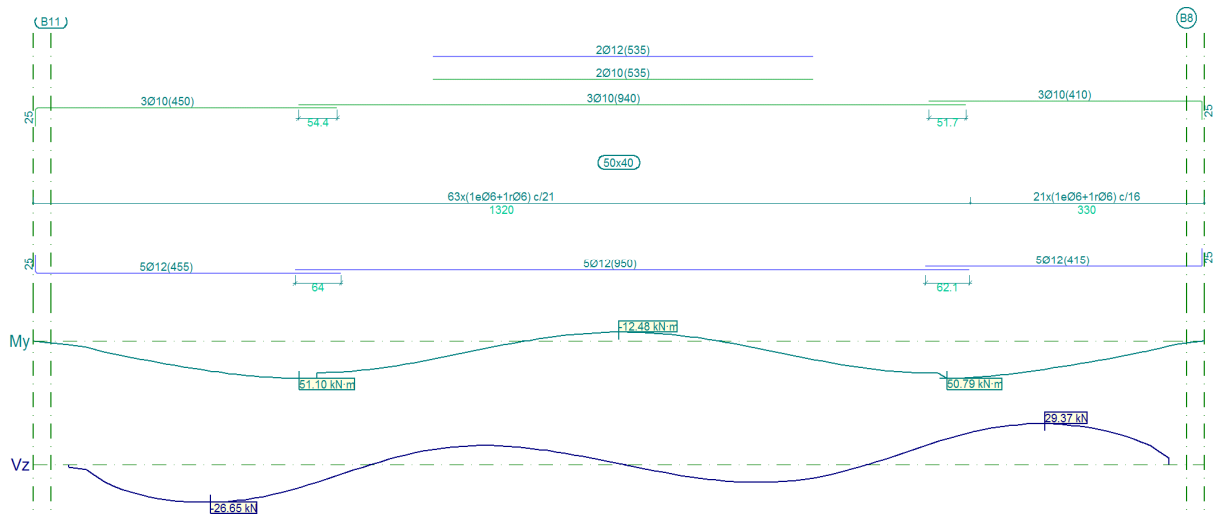
**Notación:**  
 $\sigma_c$ : Fisuración por compresión  
 $W_{k,C,sup.}$ : Fisuración por tracción: Cara superior  
 $W_{k,C,Lat.Der.}$ : Fisuración por tracción: Cara lateral derecha  
 $W_{k,C,inf.}$ : Fisuración por tracción: Cara inferior  
 $W_{k,C,Lat.Izq.}$ : Fisuración por tracción: Cara lateral izquierda  
 $\sigma_{sr}$ : Área mínima de armadura  
 $V_{fis}$ : Fisuración por cortante  
 x: Distancia al origen de la barra  
 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)  
 N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que la tensión de tracción máxima en el hormigón no supera la resistencia a tracción del mismo.

Tabla 65. Comprobaciones de fisuración. Fuente CypeCad

## 9.2.4 COMPROBACIONES DEL ARMADO DE LAS VIGAS DE CIMENTACIÓN

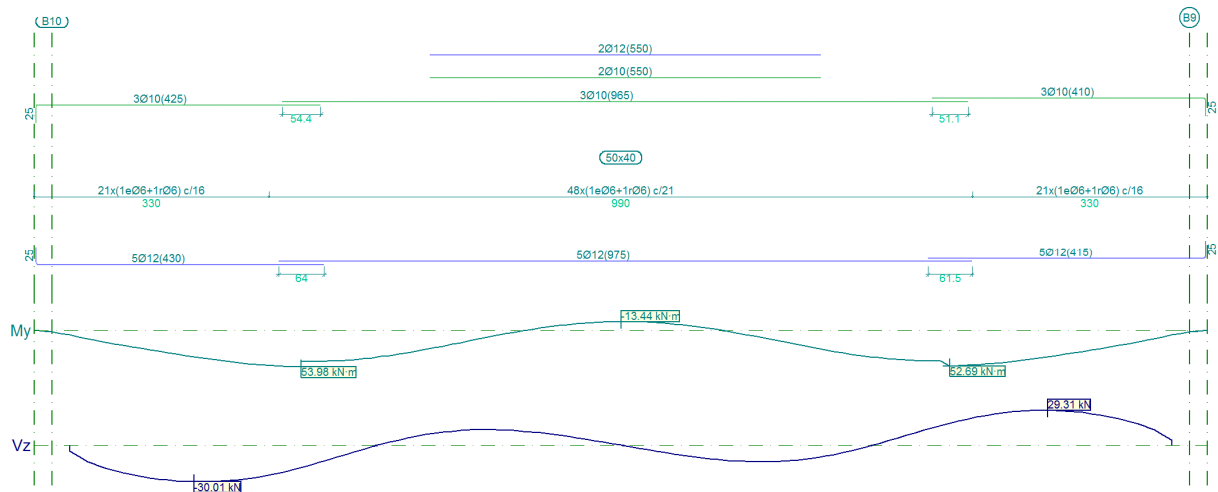
### 9.2.4.1 PÓRTICO 1



Pórtico 1			Tramo: B11-B8		
Sección			50x40		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Momento mín. x	[kN·m]		--	<b>-12.48</b>	--
	[m]		--	7.75	--
Momento máx. x	[kN·m]		<b>51.10</b>	<b>22.20</b>	<b>50.79</b>
	[m]		3.25	5.25	12.37
Cortante mín. x	[kN]		<b>-26.65</b>	<b>-12.48</b>	<b>-10.03</b>
	[m]		2.00	9.75	10.37
Cortante máx. x	[kN]		<b>10.88</b>	<b>13.81</b>	<b>29.37</b>
	[m]		5.12	5.75	13.75
Torsor mín. x	[kN]		<b>-3.69</b>	<b>-2.86</b>	<b>-2.61</b>
	[m]		1.75	10.00	10.50
Torsor máx. x	[kN]		<b>2.65</b>	<b>2.98</b>	<b>3.91</b>
	[m]		5.00	5.50	13.75
Área Sup.	[cm <sup>2</sup> ]	Real	<b>2.36</b>	<b>6.19</b>	<b>3.44</b>
		Nec.	0.00	5.60	0.30
Área Inf.	[cm <sup>2</sup> ]	Real	<b>5.66</b>	<b>5.66</b>	<b>5.66</b>
		Nec.	5.60	5.60	5.60
Área Transv.	[cm <sup>2</sup> /m]	Real	<b>4.04</b>	<b>4.04</b>	<b>5.30</b>
		Nec.	3.93	3.93	3.93

Tabla 66. Comprobaciones del Pórtico 1

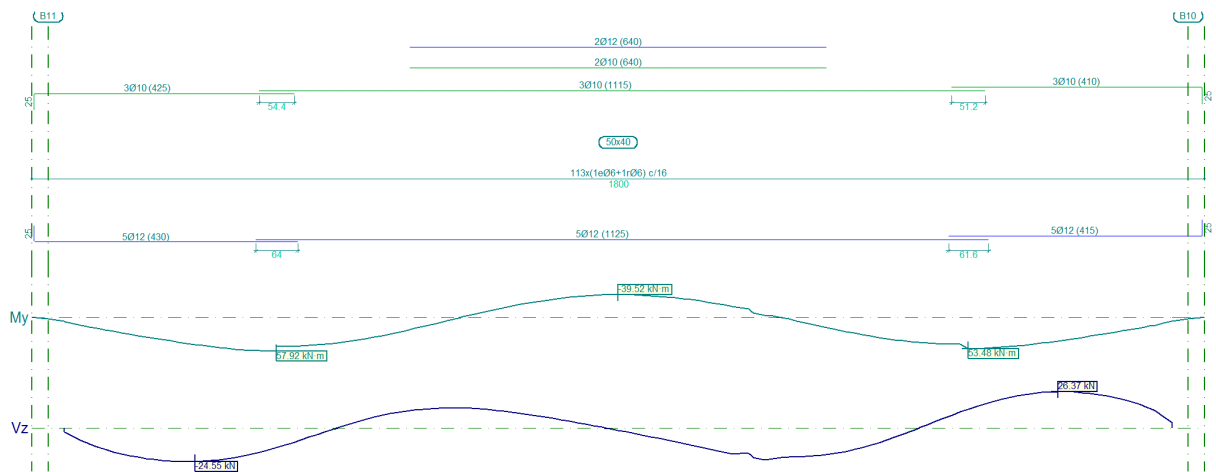
### 9.2.4.2 PÓRTICO 2



Pórtico 2			Tramo: B10-B9		
Sección			50x40		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Momento mín.	[kN·m]		--	<b>-13.44</b>	--
x	[m]		--	7.75	--
Momento máx.	[kN·m]		<b>53.98</b>	<b>23.11</b>	<b>52.69</b>
x	[m]		3.25	5.25	12.38
Cortante mín.	[kN]		<b>-30.01</b>	<b>-13.37</b>	<b>-10.87</b>
x	[m]		1.75	9.75	10.38
Cortante máx.	[kN]		<b>10.23</b>	<b>13.27</b>	<b>29.31</b>
x	[m]		5.13	5.75	13.75
Torsor mín.	[kN]		<b>-2.71</b>	<b>-3.04</b>	<b>-3.97</b>
x	[m]		5.00	5.50	13.75
Torsor máx.	[kN]		<b>4.05</b>	<b>3.03</b>	<b>2.77</b>
x	[m]		1.75	10.00	10.50
Área Sup.	[cm <sup>2</sup> ]	Real	<b>2.96</b>	<b>6.19</b>	<b>4.16</b>
		Nec.	0.31	5.60	0.30
Área Inf.	[cm <sup>2</sup> ]	Real	<b>5.66</b>	<b>5.66</b>	<b>5.66</b>
		Nec.	5.60	5.60	5.60
Área Transv.	[cm <sup>2</sup> /m]	Real	<b>5.30</b>	<b>4.04</b>	<b>5.30</b>
		Nec.	3.93	3.93	3.93

Tabla 67. Comprobaciones del Pórtico 2

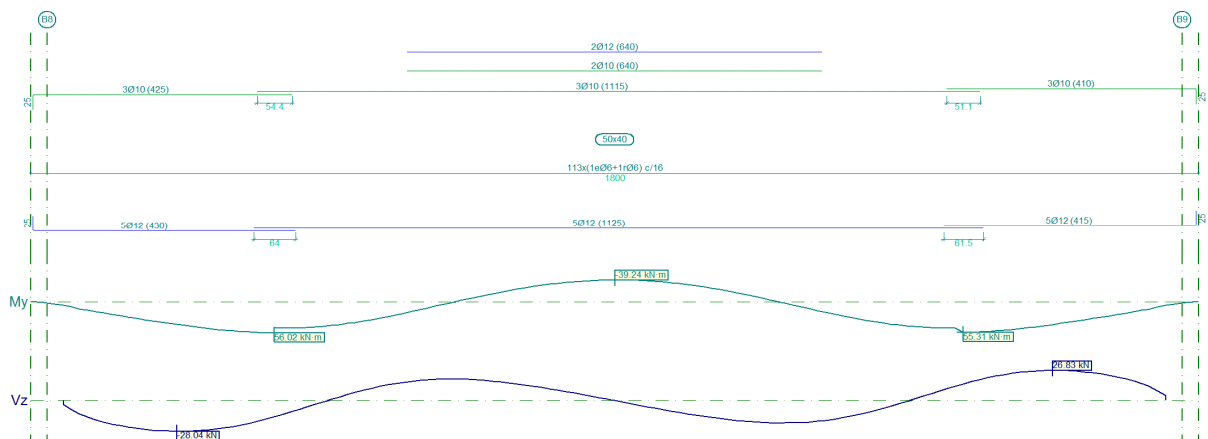
### 9.2.4.3 PÓRTICO 3



Pórtico 3			Tramo: B11-B10		
Sección			50x40		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Momento mín.	[kN·m]		--	<b>-39.52</b>	--
x	[m]		--	8.50	--
Momento máx.	[kN·m]		<b>57.92</b>	<b>8.68</b>	<b>53.48</b>
x	[m]		3.25	5.75	13.88
Cortante mín.	[kN]		<b>-24.55</b>	<b>-23.47</b>	<b>-20.82</b>
x	[m]		2.00	10.75	11.38
Cortante máx.	[kN]		<b>14.06</b>	<b>14.56</b>	<b>26.37</b>
x	[m]		5.63	6.00	15.25
Torsor mín.	[kN]		<b>-3.88</b>	<b>-3.95</b>	<b>-3.79</b>
x	[m]		5.50	5.75	15.50
Torsor máx.	[kN]		<b>3.90</b>	<b>8.56</b>	<b>4.06</b>
x	[m]		1.75	10.58	11.50
Área Sup.	[cm <sup>2</sup> ]	Real	<b>5.48</b>	<b>6.19</b>	<b>5.48</b>
		Nec.	0.29	5.60	0.31
Área Inf.	[cm <sup>2</sup> ]	Real	<b>5.66</b>	<b>5.66</b>	<b>5.66</b>
		Nec.	5.60	5.60	5.60
Área Transv.	[cm <sup>2</sup> /m]	Real	<b>5.30</b>	<b>5.30</b>	<b>5.30</b>
		Nec.	3.93	3.93	3.93

Tabla 68. Comprobaciones del Pórtico 3

### 9.2.4.4 PÓRTICO 4



Pórtico 4		Tramo: B8-B9			
Sección		50x40			
Zona		1/3L	2/3L	3/3L	
Momento mín.	[kN·m]	--	<b>-39.24</b>	--	
x	[m]	--	8.50	--	
Momento máx.	[kN·m]	<b>56.02</b>	<b>7.57</b>	<b>55.31</b>	
x	[m]	3.25	5.75	13.88	
Cortante mín.	[kN]	<b>-28.04</b>	<b>-20.56</b>	<b>-20.10</b>	
x	[m]	1.75	11.00	11.38	
Cortante máx.	[kN]	<b>18.28</b>	<b>19.00</b>	<b>26.83</b>	
x	[m]	5.63	6.00	15.25	
Torsor mín.	[kN]	<b>-3.96</b>	<b>-4.17</b>	<b>-4.13</b>	
x	[m]	1.75	11.25	11.50	
Torsor máx.	[kN]	<b>3.96</b>	<b>4.03</b>	<b>3.88</b>	
x	[m]	5.50	5.75	15.50	
Área Sup.	[cm <sup>2</sup> ]	Real	<b>5.48</b>	<b>6.19</b>	<b>5.48</b>
		Nec.	0.30	5.60	0.31
Área Inf.	[cm <sup>2</sup> ]	Real	<b>5.66</b>	<b>5.66</b>	<b>5.66</b>
		Nec.	5.60	5.60	5.60
Área Transv.	[cm <sup>2</sup> /m]	Real	<b>5.30</b>	<b>5.30</b>	<b>5.30</b>
		Nec.	3.93	3.93	3.93

Tabla 69. Comprobaciones del Pórtico 4

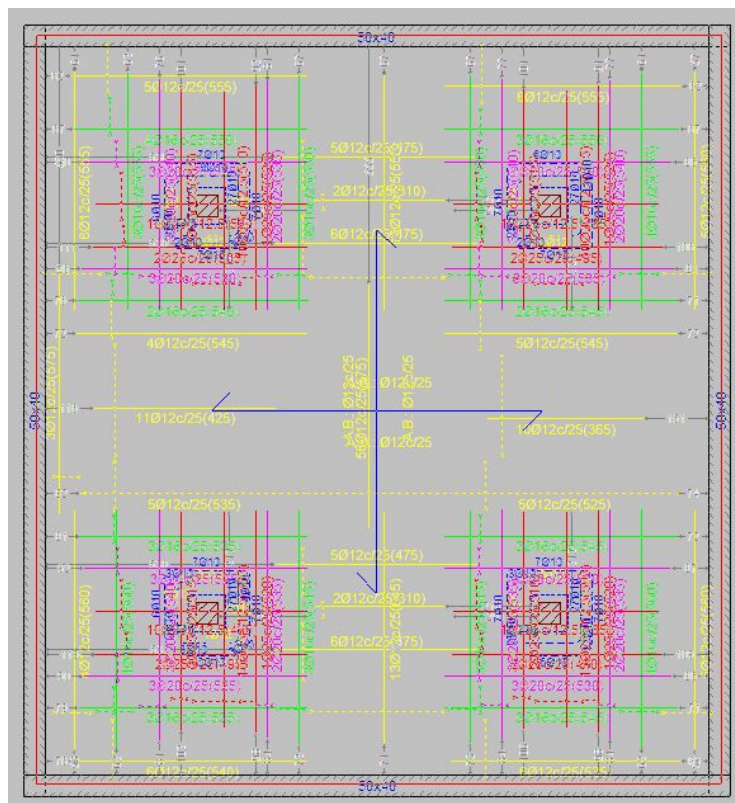


Figura 51. Losa de cimentación. Vigas perimetrales y armado. Fuente CypeCad

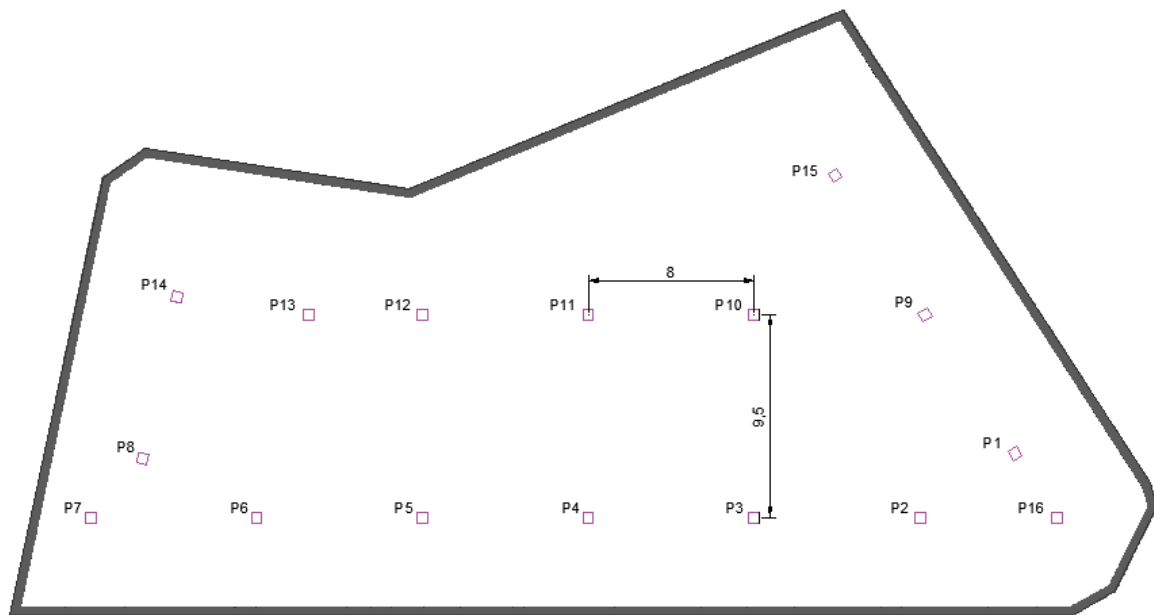
## 10 ESTRUCTURA

La estructura del edificio está formada por 16 pilares y un forjado reticular. Tanto los pilares como el forjado se han calculado con el módulo de hormigón armado del programa Cype Ingenieros, para poder determinar la cuantía de acero y las armaduras que deberán tener y así poder encargalos a fábrica.

### 10.1 PILARES

#### 10.1.1 DESCRIPCIÓN

Para el cálculo de la estructura se han considerado los pórticos más desfavorables correspondientes a los pilares P11, P10, P4 y P3 (según lo indicado en el plano “4.2.1. Planta Estructural. Disposición de pilares”) en los que existen mayores luces entre pilares ya que si cumplen en este caso, cumplirán para el resto, donde las distancia entre pilares son menores.



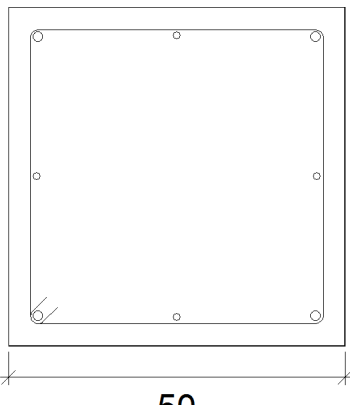
*Figura 52. Disposición de los pilares de estudio*

A continuación, se mostrará la metodología de cálculo seguida, para dimensionar y comprobar los pilares, así como, los resultados reportados por el programa CypeCad Ingenieros 2017.



## 10.1.2 COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA Y EL ARMADO DE LOS PILARES

### 10.1.2.1 PILAR 1. TRAMO FORJADO (-3.5 – 0 m)

Datos del Pilar P1	
 50	Geometría
	Dimensiones : 50x50 cm
	Tramo : -3.500/0.000 m
	Altura libre : 2.60 m
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm
	Tamaño máximo de árido : 15 mm
Materiales	Longitud de pandeo
Hormigón : HA-25, $Y_c=1.5$	Plano ZX : 3.00 m
Acero : B 500 S, $Y_s=1.15$	Plano ZY : 3.00 m
Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina : 4Ø16	Estribos : 1eØ6
Cara X : 2Ø12	Separación : 6 - 15 - 10 cm
Cara Y : 2Ø12	
Cuantía : 0.50 %	

#### Disposiciones relativas a las armaduras (EHE-08, Artículos 42.3, 54 y 69.4.1.1)

##### Dimensiones mínimas

La dimensión mínima del soporte ( $b_{min}$ ) debe cumplir la siguiente condición (Artículo 54):

$$b_{min} \geq 250 \text{ mm}$$

$$500.00 \text{ mm} \geq 250.00 \text{ mm} \quad \checkmark$$

##### Armadura longitudinal

La distancia libre  $d_l$ , horizontal y vertical, entre dos barras aisladas consecutivas debe ser igual o superior a  $s_{min}$  (Artículo 69.4.1.1):

$$d_l \geq s_{min}$$

$$192 \text{ mm} \geq 20 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

$s_{min}$ : Valor máximo de  $s_1, s_2, s_3$ .

$$s_{min} : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_1 = 20 \text{ mm}$$

$$s_1 : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_2 = 1.25 \cdot d_a$$

$$s_2 : \underline{19} \text{ mm}$$

$$s_3 = \varnothing_{max}$$

$$s_3 : \underline{16} \text{ mm}$$

Siendo:

$d_a$ : Tamaño máximo del árido.

$$d_a : \underline{15} \text{ mm}$$

$\varnothing_{max}$ : Diámetro de la barra comprimida más gruesa.

$$\varnothing_{max} : \underline{16} \text{ mm}$$

## ANEJO 7. ESTRUCTURA PRINCIPAL

La separación entre dos barras consecutivas de la armadura principal debe ser de 350 mm como máximo (Artículo 54):

$$s \leq 350 \text{ mm} \qquad \mathbf{206 \text{ mm}} \leq \mathbf{350 \text{ mm}} \quad \checkmark$$

El diámetro de la barra comprimida más delgada no será inferior a 12 mm (Artículo 54):

$$\varnothing \geq 12 \text{ mm} \qquad \mathbf{12 \text{ mm}} \geq \mathbf{12 \text{ mm}} \quad \checkmark$$

### Estribos

La distancia libre  $d_l$ , horizontal y vertical, entre dos barras aisladas consecutivas debe ser igual o superior a  $s_{min}$  (Artículo 69.4.1.1):

$$d_l \geq s_{min} \qquad \mathbf{54 \text{ mm}} \geq \mathbf{20 \text{ mm}} \quad \checkmark$$

Donde:

**$s_{min}$** : Valor máximo de  $s_1, s_2, s_3$ .

$$s_{min} : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_1 = 20 \text{ mm}$$

$$s_1 : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_2 = 1.25 \cdot d_a$$

$$s_2 : \underline{19} \text{ mm}$$

$$s_3 = \varnothing_{max}$$

$$s_3 : \underline{6} \text{ mm}$$

Siendo:

**$d_a$** : Tamaño máximo del árido.

$$d_a : \underline{15} \text{ mm}$$

**$\varnothing_{max}$** : Diámetro de la barra más gruesa de la armadura transversal.

$$\varnothing_{max} : \underline{6} \text{ mm}$$

Para poder tener en cuenta las armaduras pasivas en compresión, es necesario que vayan sujetas por cercos o estribos cuya separación  $s_t$  y diámetro  $\varnothing_t$  cumplan (Artículo 42.3.1):

$$s_t \leq 15 \cdot \varnothing_{min} \neq 300 \text{ mm} \qquad \mathbf{60 \text{ mm}} \leq \mathbf{180 \text{ mm}} \quad \checkmark$$

$$s_t \leq b_{min} \qquad \mathbf{60 \text{ mm}} \leq \mathbf{500 \text{ mm}} \quad \checkmark$$

Donde:

**$\varnothing_{min}$** : Diámetro de la barra comprimida más delgada.

$$\varnothing_{min} : \underline{12} \text{ mm}$$

**$b_{min}$** : Dimensión mínima de la sección.

$$b_{min} : \underline{500.00} \text{ mm}$$

$$\varnothing_t \geq 1/4 \cdot \varnothing_{max} \qquad \mathbf{6 \text{ mm}} \geq \mathbf{4 \text{ mm}} \quad \checkmark$$

Donde:

**$\varnothing_{max}$** : Diámetro de la barra comprimida más gruesa.

$$\varnothing_{max} : \underline{16} \text{ mm}$$

### **Armadura mínima y máxima** (EHE-08, Artículo 42.3)

La cuantía geométrica de armadura principal  $\rho_l$  en pilares con barras de acero  $f_{yk}=500.00$  MPa debe cumplir:

$$\rho_l \geq 0.004 \qquad \mathbf{0.0050} \geq \mathbf{0.0040} \quad \checkmark$$

**Armadura longitudinal mínima para secciones en compresión simple o compuesta (Artículo 42.3.3)**

En secciones sometidas a compresión simple o compuesta, las armaduras principales deben cumplir la siguiente limitación:

$$A'_s \cdot f_{yc,d} \geq 0.1 \cdot N_d$$

$$502.66 \text{ kN} \geq 235.39 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

**A's**: Área total de la armadura comprimida.

$$A'_s : \frac{12.57}{\text{cm}^2}$$

**f<sub>yc,d</sub>**: Resistencia de cálculo del acero a compresión.

$$f_{yc,d} : \frac{400.00}{\text{MPa}}$$

$$f_{yc,d} = f_{yd} \geq 400 \text{ N/mm}^2$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \frac{2353.92}{\text{kN}}$$

**Armadura longitudinal máxima para secciones en compresión simple o compuesta (Artículo 42.3.3)**

En secciones sometidas a compresión simple o compuesta, las armaduras principales deben cumplir la siguiente limitación:

$$A'_s \cdot f_{yc,d} \leq f_{cd} \cdot A_c$$

$$502.66 \text{ kN} \leq 4166.67 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

**A's**: Área total de la armadura comprimida.

$$A'_s : \frac{12.57}{\text{cm}^2}$$

**f<sub>yc,d</sub>**: Resistencia de cálculo del acero a compresión.

$$f_{yc,d} : \frac{400.00}{\text{MPa}}$$

$$f_{yc,d} = f_{yd} \geq 400 \text{ N/mm}^2$$

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \frac{16.67}{\text{MPa}}$$

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \frac{2500.00}{\text{cm}^2}$$

**Estado límite de agotamiento frente a cortante (EHE-08, Artículo 44)**

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\left(\frac{V_{rd1,x}}{V_{u1,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_{rd1,y}}{V_{u1,y}}\right)^2} \leq 1$$

$$\eta : \frac{0.045}{\checkmark}$$

Donde:

**V<sub>rd1</sub>**: Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$$V_{rd1,x} : \frac{47.80}{\text{kN}}$$

$$V_{rd1,y} : \frac{27.07}{\text{kN}}$$

**V<sub>u1</sub>**: Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.

$$V_{u1} : \frac{1229.55}{\text{kN}}$$

$$\eta_2 = \sqrt{\left(\frac{V_{rd2,x}}{V_{u2,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_{rd2,y}}{V_{u2,y}}\right)^2} \leq 1$$

$$\eta : \frac{0.213}{\checkmark}$$

Donde:

**V<sub>rd2</sub>**: Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$$V_{rd2,x} : \frac{47.80}{\text{kN}}$$

$$V_{rd2,y} : \frac{27.07}{\text{kN}}$$

**V<sub>u2</sub>**: Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

$$V_{u2} : \frac{257.81}{\text{kN}}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa.

## ANEJO 7. ESTRUCTURA PRINCIPAL

### Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma se deduce de la siguiente expresión:

Cortante en la dirección X:

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

$$V_{u1} : \underline{1229.55 \text{ kN}}$$

Donde:

**K**: Coeficiente que depende del esfuerzo axil.

$$K : \underline{1.25}$$

$$0.25 \cdot f_{cd} < \sigma'_{cd} \leq 0.50 \cdot f_{cd} \rightarrow K = 1.25$$

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67 \text{ MPa}}$$

**σ'<sub>cd</sub>**: Tensión axil efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

$$\sigma'_{cd} : \underline{7.23 \text{ MPa}}$$

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{2353.92 \text{ kN}}$$

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{2500.00 \text{ cm}^2}$$

**A'<sub>s</sub>**: Área total de la armadura comprimida.

$$A'_s : \underline{12.57 \text{ cm}^2}$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{434.78 \text{ MPa}}$$

**f<sub>1cd</sub>**: Resistencia a compresión del hormigón

$$f_{1cd} : \underline{10.00 \text{ MPa}}$$

$$f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{1cd} = 0.60 \cdot f_{cd}$$

**f<sub>ck</sub>**: Resistencia característica del hormigón.

$$f_{ck} : \underline{25.00 \text{ MPa}}$$

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67 \text{ MPa}}$$

**b<sub>0</sub>**: Anchura neta mínima del elemento.

$$b_0 : \underline{500.00 \text{ mm}}$$

**d**: Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.

$$d : \underline{393.46 \text{ mm}}$$

**α**: Ángulo de los estribos con el eje de la pieza.

$$\alpha : \underline{90.0 \text{ grados}}$$

**θ**: Ángulo entre la biela de compresión de hormigón y el eje de la pieza.

$$\theta : \underline{45.0 \text{ grados}}$$

Cortante en la dirección Y:

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

$$V_{u1} : \underline{1229.55 \text{ kN}}$$

Donde:

**K**: Coeficiente que depende del esfuerzo axil.

$$K : \underline{1.25}$$

$$0.25 \cdot f_{cd} < \sigma'_{cd} \leq 0.50 \cdot f_{cd} \rightarrow K = 1.25$$

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67 \text{ MPa}}$$

$\sigma'_{cd}$ : Tensión axil efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

$\sigma'_{cd}$  : 7.23 MPa

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

**N<sub>d</sub>** : 2353.92 kN

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

**A<sub>c</sub>** : 2500.00 cm<sup>2</sup>

**A'<sub>s</sub>**: Área total de la armadura comprimida.

**A'<sub>s</sub>** : 12.57 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 434.78 MPa

**f<sub>1cd</sub>**: Resistencia a compresión del hormigón

**f<sub>1cd</sub>** : 10.00 MPa

$$f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{1cd} = 0.60 \cdot f_{cd}$$

**f<sub>ck</sub>**: Resistencia característica del hormigón.

**f<sub>ck</sub>** : 25.00 MPa

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

**f<sub>cd</sub>** : 16.67 MPa

**b<sub>0</sub>**: Anchura neta mínima del elemento.

**b<sub>0</sub>** : 500.00 mm

**d**: Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.

**d** : 393.46 mm

$\alpha$ : Ángulo de los estribos con el eje de la pieza.

$\alpha$  : 90.0 grados

$\theta$ : Ángulo entre la biela de compresión de hormigón y el eje de la pieza.

$\theta$  : 45.0 grados

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa.

**Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.**

Cortante en la dirección X:

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma en piezas sin armadura de cortante se obtiene como:

$$V_{u2} = \left[ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{cv})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d$$

**V<sub>u2</sub>** : 232.96 kN

con un valor mínimo de:

$$V_{u2,min} = \left[ \frac{0.075}{\gamma_c} \cdot \xi^{3/2} \cdot f_{cv}^{1/2} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d$$

**V<sub>u2,min</sub>** : 257.81 kN

Donde:

**b<sub>0</sub>**: Anchura neta mínima del elemento.

**b<sub>0</sub>** : 500.00 mm

**d**: Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.

**d** : 393.46 mm

$\gamma_c$ : Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón.

$\gamma_c$  : 1.5

$\xi$ : Coeficiente que depende del canto útil 'd'.

$\xi$  : 1.71

$$\xi = \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) \leq 2$$

**f<sub>cv</sub>**: Resistencia efectiva del hormigón a cortante en N/mm<sup>2</sup>.

**f<sub>cv</sub>** : 25.00 MPa

$$f_{cv} = f_{ck} \nless 60 \text{ N/mm}^2$$

**f<sub>ck</sub>**: Resistencia característica del hormigón.

**f<sub>ck</sub>** : 25.00 MPa

$\sigma'_{cd}$ : Tensión axil efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

$$\sigma'_{cd} : \underline{5.00} \text{ MPa}$$

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d}{A_c} < 0.30 \cdot f_{cd} \nabla 12 \text{ MPa}$$

$N_d$ : Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{2353.92} \text{ kN}$$

$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{2500.00} \text{ cm}^2$$

$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

$\rho_l$ : Cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción.

$$\rho_l : \underline{0.0038}$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_0 \cdot d} \leq 0.02$$

$A_s$ : Área de la armadura longitudinal principal de tracción.

$$A_s : \underline{7.41} \text{ cm}^2$$

Cortante en la dirección Y:

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma en piezas sin armadura de cortante se obtiene como:

$$V_{u2} = \left[ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{cv})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d$$

$$V_{u2} : \underline{232.96} \text{ kN}$$

con un valor mínimo de:

$$V_{u2,min} = \left[ \frac{0.075}{\gamma_c} \cdot \xi^{3/2} \cdot f_{cv}^{1/2} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d$$

$$V_{u2,min} : \underline{257.81} \text{ kN}$$

Donde:

$b_0$ : Anchura neta mínima del elemento.

$$b_0 : \underline{500.00} \text{ mm}$$

$d$ : Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.

$$d : \underline{393.46} \text{ mm}$$

$\gamma_c$ : Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón.

$$\gamma_c : \underline{1.5}$$

$\xi$ : Coeficiente que depende del canto útil 'd'.

$$\xi : \underline{1.71}$$

$$\xi = \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) \leq 2$$

$f_{cv}$ : Resistencia efectiva del hormigón a cortante en N/mm<sup>2</sup>.

$$f_{cv} : \underline{25.00} \text{ MPa}$$

$$f_{cv} = f_{ck} \nabla 60 \text{ N/mm}^2$$

$f_{ck}$ : Resistencia característica del hormigón.

$$f_{ck} : \underline{25.00} \text{ MPa}$$

$\sigma'_{cd}$ : Tensión axil efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

$$\sigma'_{cd} : \underline{5.00} \text{ MPa}$$

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d}{A_c} < 0.30 \cdot f_{cd} \nabla 12 \text{ MPa}$$

$N_d$ : Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{2353.92} \text{ kN}$$

$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{2500.00} \text{ cm}^2$$

$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

$\rho_l$ : Cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción.

$$\rho_l : \underline{0.0038}$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_0 \cdot d} \leq 0.02$$

**A<sub>s</sub>**: Área de la armadura longitudinal principal de tracción.

**A<sub>σ</sub>** : 7.41 cm<sup>2</sup>

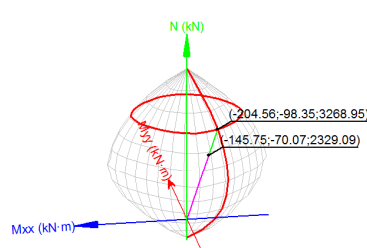
**Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales** (EHE-08, Artículo 42)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '-2.9 m', para la combinación de hipótesis "1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa".

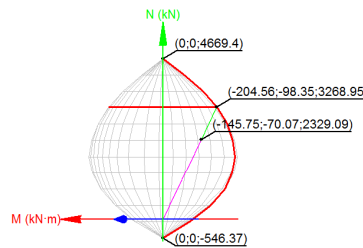
Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{N_{ed}^2 + M_{ed,x}^2 + M_{ed,y}^2}{N_{Rd}^2 + M_{Rd,x}^2 + M_{Rd,y}^2}} \leq 1$$

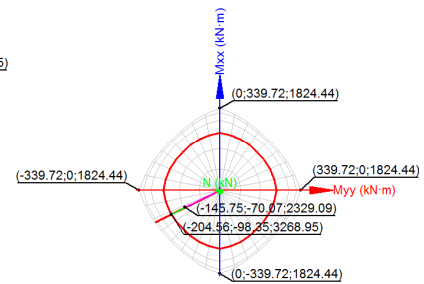
**η** : 0.712 ✓



Volumen de capacidad



Vista N, M



Vista Mx, My

**Comprobación de resistencia de la sección (η<sub>1</sub>)**

N<sub>ed</sub>, M<sub>ed</sub> son los esfuerzos de cálculo de primer orden, incluyendo, en su caso, la excentricidad mínima según 42.2.1:

**N<sub>ed</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

**M<sub>ed</sub>**: Momento de cálculo de primer orden.

**N<sub>ed</sub>** : 2329.09 kN  
**M<sub>ed,x</sub>** : -70.07 kN·m  
**M<sub>ed,y</sub>** : -145.75 kN·m

N<sub>Rd</sub>, M<sub>Rd</sub> son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

**N<sub>Rd</sub>**: Axil de agotamiento.

**M<sub>Rd</sub>**: Momentos de agotamiento.

**N<sub>Rd</sub>** : 3268.95 kN  
**M<sub>Rd,x</sub>** : -98.35 kN·m  
**M<sub>Rd,y</sub>** : -204.56 kN·m

Donde:

N<sub>ed</sub> = N<sub>d</sub>

M<sub>ed</sub> = N<sub>d</sub> · e<sub>e</sub>

Siendo:

**e<sub>e</sub>**: Excentricidad de primer orden. Se calcula teniendo en cuenta la excentricidad mínima e<sub>min</sub> según el artículo 42.2.1.

ee,x : -62.58 mm



$$e_{e,y} : \underline{-30.09} \quad \text{mm}$$

En este caso, las excentricidades  $e_{0,x}$  y  $e_{0,y}$  son superiores a la mínima.

$$e_{e,x} = e_{0,x}$$

$$e_{e,y} = e_{0,y}$$

Donde:

**En el eje x:**

$$e_{min} : \underline{25.00} \quad \text{mm}$$

**h:** Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

$$h : \underline{500.00} \quad \text{mm}$$

$$e_0 = \frac{M_d}{N_d}$$

$$e_0 : \underline{-30.09} \quad \text{mm}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>:** Momento de cálculo de primer orden.

$$M_d : \underline{-70.07} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

**N<sub>d</sub>:** Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{2329.09} \quad \text{kN}$$

**En el eje y:**

$$e_{min} : \underline{25.00} \quad \text{mm}$$

**h:** Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

$$h : \underline{500.00} \quad \text{mm}$$

$$e_0 = \frac{M_d}{N_d}$$

$$e_0 : \underline{-62.58} \quad \text{mm}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>:** Momento de cálculo de primer orden.

$$M_d : \underline{-145.75} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

**N<sub>d</sub>:** Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{2329.09} \quad \text{kN}$$

### Comprobación del estado límite de inestabilidad

**En el eje x:**

Los efectos de segundo orden pueden ser despreciados, ya que la esbeltez mecánica del soporte  $\lambda$  es menor que la esbeltez límite inferior  $\lambda_{inf}$  indicada en 43.1.2.

$$\lambda = \frac{l_0}{i_c} = \frac{l_0}{\sqrt{I/A_c}}$$

$$\lambda : \underline{20.78}$$

Donde:

**l<sub>0</sub>:** Longitud de pandeo.

$$l_0 : \underline{3.000} \quad \text{m}$$

**i<sub>c</sub>:** Radio de giro de la sección de hormigón.

$$i_c : \underline{14.43} \quad \text{cm}$$

**A<sub>c</sub>:** Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{2500.00} \quad \text{cm}^2$$

**I:** Inercia.

$$I : \underline{520833.33} \quad \text{cm}^4$$

$$\lambda_{inf} : \underline{52.51}$$

$$\lambda_{inf} = 35 \cdot \sqrt{\frac{C}{v} \cdot \left[ 1 + \frac{0.24}{e_2/h} + 3.4 \cdot \left( \frac{e_1}{e_2} - 1 \right)^2 \right]} \geq 100$$

Donde:

**e<sub>2</sub>**: Excentricidad de primer orden correspondiente al mayor momento, considerada positiva.

**e<sub>2</sub>** : 25.00 mm

**e<sub>1</sub>**: En estructuras traslacionales es igual a e<sub>2</sub>.

**e<sub>1</sub>** : 25.00 mm

**h**: Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

**h** : 500.00 mm

**C**: Coeficiente que depende de la disposición de armaduras.

**C** : 0.22

**v**: Axil adimensional o reducido de cálculo que solicita el soporte.

**v** : 0.56

$$v = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

**N<sub>d</sub>** : 2329.09 kN

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

**f<sub>cd</sub>** : 16.67 MPa

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

**A<sub>c</sub>** : 2500.00 cm<sup>2</sup>

**En el eje y:**

Los efectos de segundo orden pueden ser despreciados, ya que la esbeltez mecánica del soporte  $\lambda$  es menor que la esbeltez límite inferior  $\lambda_{inf}$  indicada en 43.1.2.

$$\lambda = \frac{l_0}{i_c} = \frac{l_0}{\sqrt{I/A_c}}$$

**λ** : 20.78

Donde:

**l<sub>0</sub>**: Longitud de pandeo.

**l<sub>0</sub>** : 3.000 m

**i<sub>c</sub>**: Radio de giro de la sección de hormigón.

**i<sub>c</sub>** : 14.43 cm

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

**A<sub>c</sub>** : 2500.00 cm<sup>2</sup>

**I**: Inercia.

**I** : 520833.33 cm<sup>4</sup>

$$\lambda_{inf} = 35 \cdot \sqrt{\frac{C}{v} \cdot \left[ 1 + \frac{0.24}{e_2/h} + 3.4 \cdot \left( \frac{e_1}{e_2} - 1 \right)^2 \right]} \geq 100$$

**λ<sub>inf</sub>** : 52.51

Donde:

**e<sub>2</sub>**: Excentricidad de primer orden correspondiente al mayor momento, considerada positiva.

**e<sub>2</sub>** : 25.00 mm

**e<sub>1</sub>**: En estructuras traslacionales es igual a e<sub>2</sub>.

**e<sub>1</sub>** : 25.00 mm

**h**: Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

**h** : 500.00 mm

**C**: Coeficiente que depende de la disposición de armaduras.

**C** : 0.22

**v**: Axil adimensional o reducido de cálculo que solicita el soporte.

**v** : 0.56

$$v = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

**N<sub>d</sub>** : 2329.09 kN

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

**f<sub>cd</sub>** : 16.67 MPa

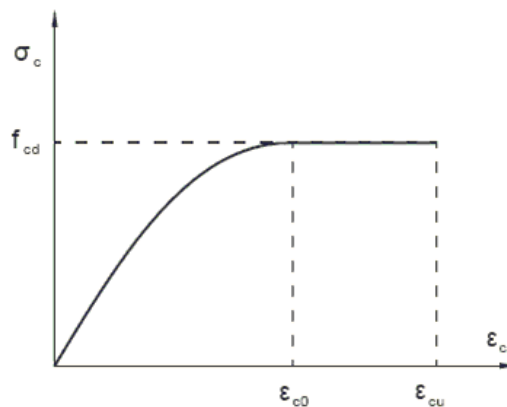
**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

**A<sub>c</sub>** : 2500.00 cm<sup>2</sup>

### Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 42.1):

- (a) El agotamiento se caracteriza por el valor de la deformación en determinadas fibras de la sección, definidas por los dominios de deformación de agotamiento.
- (b) Las deformaciones del hormigón siguen una ley plana.
- (c) Las deformaciones  $\varepsilon_s$  de las armaduras pasivas se mantienen iguales a las del hormigón que las envuelve.
- (d) Diagramas de cálculo.
  - (i) El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.



$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67 \text{ MPa}}$$

$\varepsilon_{c0}$ : Deformación de rotura del hormigón en compresión simple.

$$\varepsilon_{c0} : \underline{0.0020}$$

$\varepsilon_{cu}$ : Deformación de rotura del hormigón en flexión.

$$\varepsilon_{cu} : \underline{0.0035}$$

Se considera como resistencia de cálculo del hormigón en compresión el valor:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$\alpha_{cc}$ : Factor que tiene en cuenta el cansancio del hormigón cuando está sometido a altos niveles de tensión de compresión debido a cargas de larga duración.

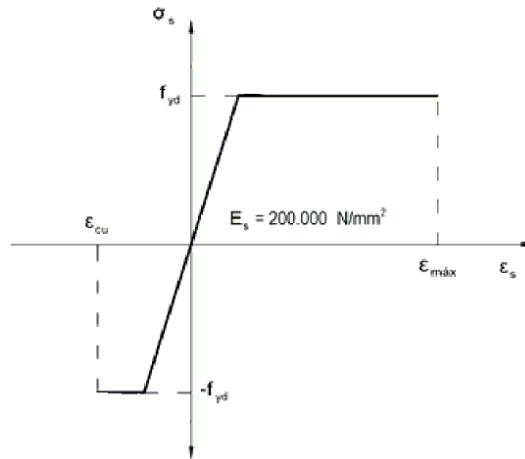
$$\alpha_{cc} : \underline{1.00}$$

$f_{ck}$ : Resistencia característica del hormigón.

$$f_{ck} : \underline{25.00 \text{ MPa}}$$

$\gamma_c$ : Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón.

$$\gamma_c : \underline{1.5}$$



**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 434.78 MPa

**ε<sub>max</sub>**: Deformación máxima del acero en tracción.

**ε<sub>max</sub>** : 0.0100

**ε<sub>cu</sub>**: Deformación de rotura del hormigón en flexión.

**ε<sub>cu</sub>** : 0.0035

Se considera como resistencia de cálculo del acero el valor:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

**f<sub>yk</sub>**: Resistencia característica de proyecto

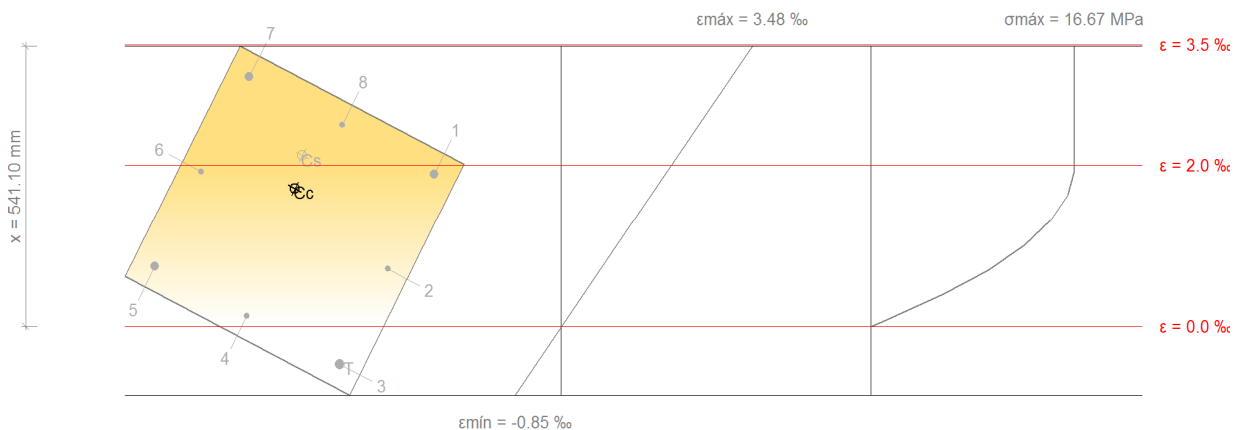
**f<sub>yk</sub>** : 500.00 MPa

**γ<sub>s</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad.

**γ<sub>s</sub>** : 1.15

(e) Se aplican a las resultantes de tensiones en la sección las ecuaciones generales de equilibrio de fuerzas y de momentos.

**Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:**



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ <sub>s</sub> (MPa)	ε
1	Ø16	-206.00	206.00	+378.80	+0.001894
2	Ø12	0.00	208.00	+141.55	+0.000708
3	Ø16	206.00	206.00	-93.35	-0.000467
4	Ø12	208.00	0.00	+25.10	+0.000125

## ANEJO 7. ESTRUCTURA PRINCIPAL

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\sigma_s$ (MPa)	$\epsilon$
5	Ø16	206.00	-206.00	+148.13	+0.000741
6	Ø12	0.00	-208.00	+385.38	+0.001927
7	Ø16	-206.00	-206.00	+400.00	+0.003101
8	Ø12	-208.00	0.00	+400.00	+0.002509

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	2993.68	-55.37	-27.30
Cs	294.04	-118.83	-43.36
T	18.77	206.00	206.00

$$N_{Rd} = C_c + C_s - T$$

$$N_{Rd} : \underline{3268.95} \text{ kN}$$

$$M_{Rd,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{Rd,x} : \underline{-98.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{Rd,y} : \underline{-204.56} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**C<sub>c</sub>**: Resultante de compresiones en el hormigón.

$$C_c : \underline{2993.68} \text{ kN}$$

**C<sub>s</sub>**: Resultante de compresiones en el acero.

$$C_s : \underline{294.04} \text{ kN}$$

**T**: Resultante de tracciones en el acero.

$$T : \underline{18.77} \text{ kN}$$

**e<sub>cc</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cc,x} : \underline{-55.37} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{-27.30} \text{ mm}$$

**e<sub>cs</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cs,x} : \underline{-118.83} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{-43.36} \text{ mm}$$

**e<sub>T</sub>**: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_T : \underline{206.00} \text{ mm}$$

**ε<sub>cmax</sub>**: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0035}$$

**ε<sub>smax</sub>**: Deformación de la barra de acero más traccionada.

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0005}$$

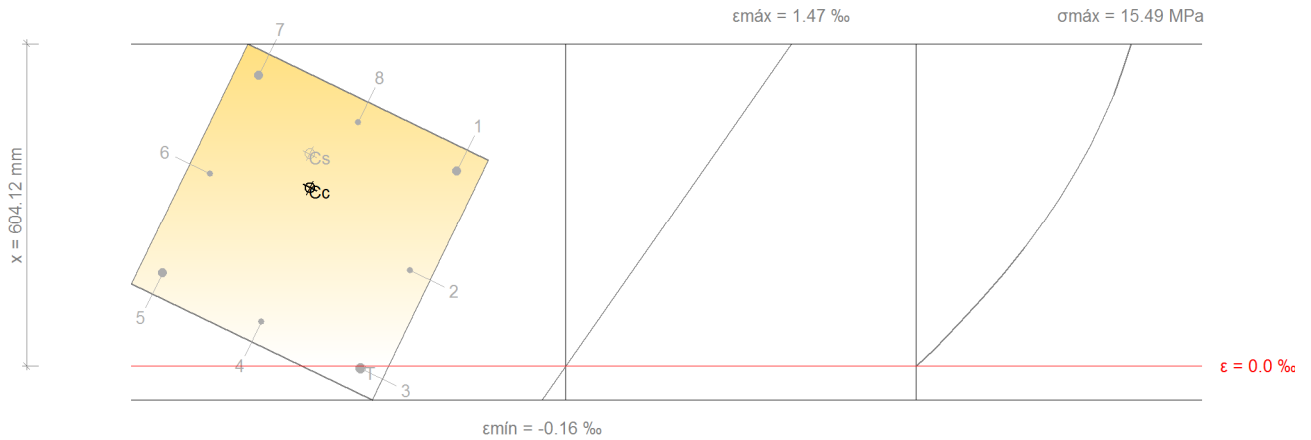
**σ<sub>cmax</sub>**: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\sigma_{cmax} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

**σ<sub>smax</sub>**: Tensión de la barra de acero más traccionada.

$$\sigma_{smax} : \underline{93.35} \text{ MPa}$$

**Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:**



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\sigma_s$ (MPa)	$\epsilon$
1	Ø16	-206.00	206.00	+177.92	+0.000890
2	Ø12	0.00	208.00	+87.33	+0.000437
3	Ø16	206.00	206.00	-2.42	-0.000012
4	Ø12	208.00	0.00	+40.34	+0.000202
5	Ø16	206.00	-206.00	+84.86	+0.000424
6	Ø12	0.00	-208.00	+175.45	+0.000877
7	Ø16	-206.00	-206.00	+265.20	+0.001326
8	Ø12	-208.00	0.00	+222.44	+0.001112

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	2163.98	-58.47	-28.08
Cs	165.60	-115.48	-55.57
T	0.49	206.00	206.00

$$N_{ed} = C_c + C_s - T$$

$$N_{ed} : \underline{2329.09} \text{ kN}$$

$$M_{ed,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{ed,x} : \underline{-70.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ed,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{ed,y} : \underline{-145.75} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**C<sub>c</sub>**: Resultante de compresiones en el hormigón.

$$C_c : \underline{2163.98} \text{ kN}$$

**C<sub>s</sub>**: Resultante de compresiones en el acero.

$$C_s : \underline{165.60} \text{ kN}$$

**T**: Resultante de tracciones en el acero.

$$T : \underline{0.49} \text{ kN}$$

**e<sub>cc</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cc,x} : \underline{-58.47} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{-28.08} \text{ mm}$$

$$e_{cs,x} : \underline{-115.48} \text{ mm}$$

**e<sub>cs</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cs,y} : \underline{-55.57} \text{ mm}$$

**e<sub>t</sub>**: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_t : \underline{206.00} \text{ mm}$$

**ε<sub>cmax</sub>**: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0015}$$

**ε<sub>smax</sub>**: Deformación de la barra de acero más traccionada.

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0000}$$

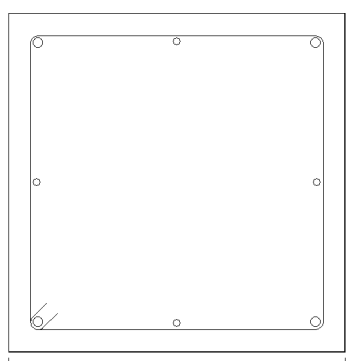
**σ<sub>cmax</sub>**: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\sigma_{cmax} : \underline{15.49} \text{ MPa}$$

**σ<sub>smax</sub>**: Tensión de la barra de acero más traccionada.

$$\sigma_{smax} : \underline{2.42} \text{ MPa}$$

### 10.1.2.2 PILAR 2. TRAMO FORJADO (-3.5 – 0 m)

Datos del Pilar P2		
 <p style="text-align: center;">50</p>	<b>Geometría</b>	
	Dimensiones : 50x50 cm	
	Tramo : -3.500/0.000 m	
	Altura libre : 2.60 m	
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm	
	Tamaño máximo de árido : 15 mm	
	<b>Materiales</b>	<b>Longitud de pandeo</b>
	Hormigón : HA-25, Y <sub>c</sub> =1.5	Plano ZX : 3.00 m
	Acero : B 500 S, Y <sub>s</sub> =1.15	Plano ZY : 3.00 m
	<b>Armadura longitudinal</b>	<b>Armadura transversal</b>
Esquina : 4Ø16	Estribos : 1eØ6	
Cara X : 2Ø12	Separación : 6 - 15 - 10 cm	
Cara Y : 2Ø12		
Cuantía : 0.50 %		

#### **Disposiciones relativas a las armaduras** (EHE-08, Artículos 42.3, 54 y 69.4.1.1)

##### **Dimensiones mínimas**

La dimensión mínima del soporte ( $b_{min}$ ) debe cumplir la siguiente condición (Artículo 54):

$$b_{min} \geq 250 \text{ mm}$$

$$500.00 \text{ mm} \geq 250.00 \text{ mm} \quad \checkmark$$

##### **Armadura longitudinal**

La distancia libre  $d_l$ , horizontal y vertical, entre dos barras aisladas consecutivas debe ser igual o superior a  $s_{min}$  (Artículo 69.4.1.1):

$$d_l \geq s_{min}$$

$$192 \text{ mm} \geq 20 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

**s<sub>min</sub>**: Valor máximo de  $s_1, s_2, s_3$ .

$$s_{min} : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_1 = 20 \text{ mm}$$

$$s_1 : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_2 = 1.25 \cdot d_a$$

$$s_2 : \underline{19} \text{ mm}$$



$$s_3 = \varnothing_{\max}$$

$$s_3 : \underline{16} \text{ mm}$$

Siendo:

**d<sub>a</sub>**: Tamaño máximo del árido.

$$d_a : \underline{15} \text{ mm}$$

**∅<sub>max</sub>**: Diámetro de la barra comprimida más gruesa.

$$\varnothing_{\max} : \underline{16} \text{ mm}$$

La separación entre dos barras consecutivas de la armadura principal debe ser de 350 mm como máximo (Artículo 54):

$$s \leq 350 \text{ mm}$$

$$206 \text{ mm} \leq 350 \text{ mm} \quad \checkmark$$

El diámetro de la barra comprimida más delgada no será inferior a 12 mm (Artículo 54):

$$\varnothing \geq 12 \text{ mm}$$

$$12 \text{ mm} \geq 12 \text{ mm} \quad \checkmark$$

### Estribos

La distancia libre  $d_l$ , horizontal y vertical, entre dos barras aisladas consecutivas debe ser igual o superior a  $s_{\min}$  (Artículo 69.4.1.1):

$$d_l \geq s_{\min}$$

$$54 \text{ mm} \geq 20 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

**s<sub>min</sub>**: Valor máximo de  $s_1$ ,  $s_2$ ,  $s_3$ .

$$s_{\min} : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_1 = 20 \text{ mm}$$

$$s_1 : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_2 = 1.25 \cdot d_a$$

$$s_2 : \underline{19} \text{ mm}$$

$$s_3 = \varnothing_{\max}$$

$$s_3 : \underline{6} \text{ mm}$$

Siendo:

**d<sub>a</sub>**: Tamaño máximo del árido.

$$d_a : \underline{15} \text{ mm}$$

**∅<sub>max</sub>**: Diámetro de la barra más gruesa de la armadura transversal.

$$\varnothing_{\max} : \underline{6} \text{ mm}$$

Para poder tener en cuenta las armaduras pasivas en compresión, es necesario que vayan sujetas por cercos o estribos cuya separación  $s_t$  y diámetro  $\varnothing_t$  cumplan (Artículo 42.3.1):

$$s_t \leq 15 \cdot \varnothing_{\min} \nlessgtr 300 \text{ mm}$$

$$60 \text{ mm} \leq 180 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$s_t \leq b_{\min}$$

$$60 \text{ mm} \leq 500 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

**∅<sub>min</sub>**: Diámetro de la barra comprimida más delgada.

$$\varnothing_{\min} : \underline{12} \text{ mm}$$

**b<sub>min</sub>**: Dimensión mínima de la sección.

$$b_{\min} : \underline{500.00} \text{ mm}$$

$$\varnothing_t \geq 1/4 \cdot \varnothing_{\max}$$

$$6 \text{ mm} \geq 4 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

**∅<sub>max</sub>**: Diámetro de la barra comprimida más gruesa.

$$\varnothing_{\max} : \underline{16} \text{ mm}$$

**Armadura mínima y máxima** (EHE-08, Artículo 42.3)

**Cuantía geométrica mínima de armadura principal (Artículo 42.3.5)**

La cuantía geométrica de armadura principal  $\rho_l$  en pilares con barras de acero  $f_{yk}=500.00$  MPa debe cumplir:

$$\rho_l \geq 0.004$$

$$0.0050 \geq 0.0040$$



**Armadura longitudinal mínima para secciones en compresión simple o compuesta (Artículo 42.3.3)**

En secciones sometidas a compresión simple o compuesta, las armaduras principales deben cumplir la siguiente limitación:

$$A'_s \cdot f_{yc,d} \geq 0.1 \cdot N_d$$

$$502.66 \text{ kN} \geq 237.94 \text{ kN}$$



Donde:

$A'_s$ : Área total de la armadura comprimida.

$$A'_s : \frac{12.57}{\text{cm}^2}$$

$f_{yc,d}$ : Resistencia de cálculo del acero a compresión.

$$f_{yc,d} : \frac{400.00}{\text{MPa}}$$

$$f_{yc,d} = f_{yd} \geq 400 \text{ N/mm}^2$$

$N_d$ : Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \frac{2379.42}{\text{kN}}$$

**Armadura longitudinal máxima para secciones en compresión simple o compuesta (Artículo 42.3.3)**

En secciones sometidas a compresión simple o compuesta, las armaduras principales deben cumplir la siguiente limitación:

$$A'_s \cdot f_{yc,d} \leq f_{cd} \cdot A_c$$

$$502.66 \text{ kN} \leq 4166.67 \text{ kN}$$



Donde:

$A'_s$ : Área total de la armadura comprimida.

$$A'_s : \frac{12.57}{\text{cm}^2}$$

$f_{yc,d}$ : Resistencia de cálculo del acero a compresión.

$$f_{yc,d} : \frac{400.00}{\text{MPa}}$$

$$f_{yc,d} = f_{yd} \geq 400 \text{ N/mm}^2$$

$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \frac{16.67}{\text{MPa}}$$

$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \frac{2500.00}{\text{cm}^2}$$

**Estado límite de agotamiento frente a cortante (EHE-08, Artículo 44)**

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\left(\frac{V_{rd1,x}}{V_{u1,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_{rd1,y}}{V_{u1,y}}\right)^2} \leq 1$$

$$\eta : 0.044$$



Donde:

$V_{rd1}$ : Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$$V_{rd1,x} : \frac{47.43}{\text{kN}}$$

$$V_{rd1,y} : \frac{26.11}{\text{kN}}$$

$V_{u1}$ : Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.

$$V_{u1} : \frac{1229.55}{\text{kN}}$$

$$\eta_2 = \sqrt{\left(\frac{V_{rd2,x}}{V_{u2,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_{rd2,y}}{V_{u2,y}}\right)^2} \leq 1$$

$$\eta : 0.210$$



Donde:

$V_{rd2}$ : Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$$V_{rd2,x} : \frac{47.43}{\text{kN}}$$

$$V_{rd2,y} : \underline{26.11} \text{ kN}$$

$$V_{u2} : \underline{257.81} \text{ kN}$$

**V<sub>u2</sub>**: Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa.

**Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.**

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma se deduce de la siguiente expresión:

Cortante en la dirección X:

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot \theta + \cot \alpha}{1 + \cot^2 \theta}$$

$$V_{u1} : \underline{1229.55} \text{ kN}$$

Donde:

**K**: Coeficiente que depende del esfuerzo axial.

$$K : \underline{1.25}$$

$$0.25 \cdot f_{cd} < \sigma'_{cd} \leq 0.50 \cdot f_{cd} \rightarrow K = 1.25$$

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

**σ'<sub>cd</sub>**: Tensión axial efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

$$\sigma'_{cd} : \underline{7.33} \text{ MPa}$$

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{2379.42} \text{ kN}$$

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{2500.00} \text{ cm}^2$$

**A'<sub>s</sub>**: Área total de la armadura comprimida.

$$A'_s : \underline{12.57} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{434.78} \text{ MPa}$$

**f<sub>1cd</sub>**: Resistencia a compresión del hormigón

$$f_{1cd} : \underline{10.00} \text{ MPa}$$

$$f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{1cd} = 0.60 \cdot f_{cd}$$

**f<sub>ck</sub>**: Resistencia característica del hormigón.

$$f_{ck} : \underline{25.00} \text{ MPa}$$

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

**b<sub>0</sub>**: Anchura neta mínima del elemento.

$$b_0 : \underline{500.00} \text{ mm}$$

**d**: Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.

$$d : \underline{393.46} \text{ mm}$$

**α**: Ángulo de los estribos con el eje de la pieza.

$$\alpha : \underline{90.0} \text{ grados}$$

**θ**: Ángulo entre la biela de compresión de hormigón y el eje de la pieza.

$$\theta : \underline{45.0} \text{ grados}$$

Cortante en la dirección Y:

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot \theta + \cot \alpha}{1 + \cot^2 \theta}$$

$$V_{u1} : \underline{1229.55} \text{ kN}$$

Donde:

**K**: Coeficiente que depende del esfuerzo axial.

$$K : \underline{1.25}$$

$$0.25 \cdot f_{cd} < \sigma'_{cd} \leq 0.50 \cdot f_{cd} \rightarrow K = 1.25$$

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

**σ'<sub>cd</sub>**: Tensión axial efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

$$\sigma'_{cd} : \underline{7.33} \text{ MPa}$$

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

<b>N<sub>d</sub></b> : Esfuerzo normal de cálculo.	<b>N<sub>d</sub></b> : <u>2379.42</u> kN
<b>A<sub>c</sub></b> : Área total de la sección de hormigón.	<b>A<sub>c</sub></b> : <u>2500.00</u> cm <sup>2</sup>
<b>A'<sub>s</sub></b> : Área total de la armadura comprimida.	<b>A'<sub>s</sub></b> : <u>12.57</u> cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> : <u>434.78</u> MPa
<b>f<sub>1cd</sub></b> : Resistencia a compresión del hormigón	<b>f<sub>1cd</sub></b> : <u>10.00</u> MPa
$f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{1cd} = 0.60 \cdot f_{cd}$	
<b>f<sub>ck</sub></b> : Resistencia característica del hormigón.	<b>f<sub>ck</sub></b> : <u>25.00</u> MPa
<b>f<sub>cd</sub></b> : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.	<b>f<sub>cd</sub></b> : <u>16.67</u> MPa
<b>b<sub>0</sub></b> : Anchura neta mínima del elemento.	<b>b<sub>0</sub></b> : <u>500.00</u> mm
<b>d</b> : Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.	<b>d</b> : <u>393.46</u> mm
<b>α</b> : Ángulo de los estribos con el eje de la pieza.	<b>α</b> : <u>90.0</u> grados
<b>θ</b> : Ángulo entre la biela de compresión de hormigón y el eje de la pieza.	<b>θ</b> : <u>45.0</u> grados

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa.

**Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.**

Cortante en la dirección X:

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma en piezas sin armadura de cortante se obtiene como:

$$V_{u2} = \left[ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{cv})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d \quad \mathbf{V_{u2}} : \underline{232.96} \text{ kN}$$

con un valor mínimo de:

$$V_{u2,min} = \left[ \frac{0.075}{\gamma_c} \cdot \xi^{3/2} \cdot f_{cv}^{1/2} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d \quad \mathbf{V_{u2,min}} : \underline{257.81} \text{ kN}$$

Donde:

<b>b<sub>0</sub></b> : Anchura neta mínima del elemento.	<b>b<sub>0</sub></b> : <u>500.00</u> mm
<b>d</b> : Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.	<b>d</b> : <u>393.46</u> mm
<b>γ<sub>c</sub></b> : Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón.	<b>γ<sub>c</sub></b> : <u>1.5</u>
<b>ξ</b> : Coeficiente que depende del canto útil 'd'.	<b>ξ</b> : <u>1.71</u>

$$\xi = \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) \leq 2$$

**f<sub>cv</sub>**: Resistencia efectiva del hormigón a cortante en N/mm<sup>2</sup>. **f<sub>cv</sub>** : 25.00 MPa

$$f_{cv} = f_{ck} \nlessgtr 60 \text{ N/mm}^2$$

**f<sub>ck</sub>**: Resistencia característica del hormigón. **f<sub>ck</sub>** : 25.00 MPa

**σ'<sub>cd</sub>**: Tensión axial efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

**σ'<sub>cd</sub>** : 5.00 MPa

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d}{A_c} < 0.30 \cdot f_{cd} \nlessgtr 12 \text{ MPa}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo. **N<sub>d</sub>** : 2379.42 kN

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón. **A<sub>c</sub>** : 2500.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón. **f<sub>cd</sub>** : 16.67 MPa

## ANEJO 7. ESTRUCTURA PRINCIPAL

$\rho_l$ : Cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción.

$$\rho_l : \underline{0.0038}$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_0 \cdot d} \leq 0.02$$

$A_s$ : Área de la armadura longitudinal principal de tracción.

$$A_s : \underline{7.41} \text{ cm}^2$$

Cortante en la dirección Y:

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma en piezas sin armadura de cortante se obtiene como:

$$V_{u2} = \left[ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{cv})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d$$

$$V_{u2} : \underline{232.96} \text{ kN}$$

con un valor mínimo de:

$$V_{u2,min} = \left[ \frac{0.075}{\gamma_c} \cdot \xi^{3/2} \cdot f_{cv}^{1/2} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d$$

$$V_{u2,min} : \underline{257.81} \text{ kN}$$

Donde:

$b_0$ : Anchura neta mínima del elemento.

$$b_0 : \underline{500.00} \text{ mm}$$

$d$ : Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.

$$d : \underline{393.46} \text{ mm}$$

$\gamma_c$ : Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón.

$$\gamma_c : \underline{1.5}$$

$\xi$ : Coeficiente que depende del canto útil 'd'.

$$\xi : \underline{1.71}$$

$$\xi = \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) \leq 2$$

$f_{cv}$ : Resistencia efectiva del hormigón a cortante en N/mm<sup>2</sup>.

$$f_{cv} : \underline{25.00} \text{ MPa}$$

$$f_{cv} = f_{ck} \geq 60 \text{ N/mm}^2$$

$f_{ck}$ : Resistencia característica del hormigón.

$$f_{ck} : \underline{25.00} \text{ MPa}$$

$\sigma'_{cd}$ : Tensión axial efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

$$\sigma'_{cd} : \underline{5.00} \text{ MPa}$$

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d}{A_c} < 0.30 \cdot f_{cd} \geq 12 \text{ MPa}$$

$N_d$ : Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{2379.42} \text{ kN}$$

$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{2500.00} \text{ cm}^2$$

$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

$\rho_l$ : Cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción.

$$\rho_l : \underline{0.0038}$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_0 \cdot d} \leq 0.02$$

$A_s$ : Área de la armadura longitudinal principal de tracción.

$$A_s : \underline{7.41} \text{ cm}^2$$

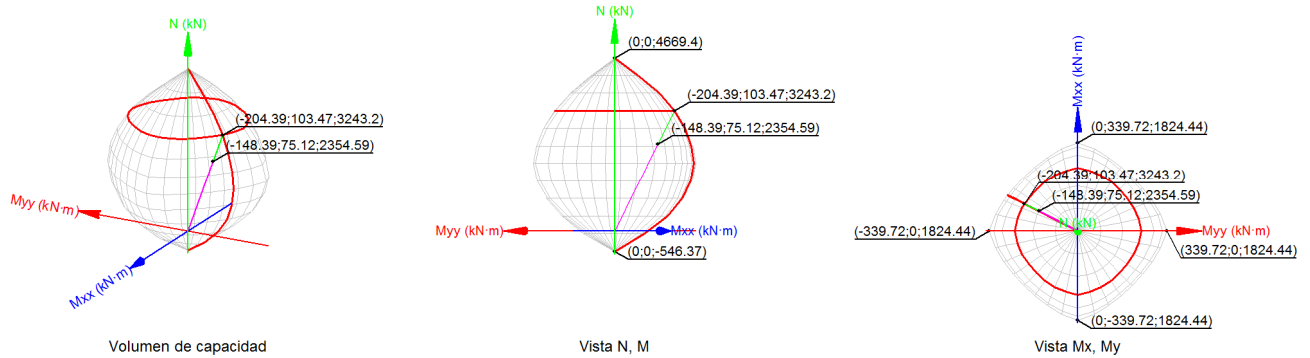
### **Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales** (EHE-08, Artículo 42)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '-2.9 m', para la combinación de hipótesis "1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa".

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{N_{ed}^2 + M_{ed,x}^2 + M_{ed,y}^2}{N_{Rd}^2 + M_{Rd,x}^2 + M_{Rd,y}^2}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.726}$  ✓



**Comprobación de resistencia de la sección ( $\eta_1$ )**

$N_{ed}, M_{ed}$  son los esfuerzos de cálculo de primer orden, incluyendo, en su caso, la excentricidad mínima según 42.2.1:

**$N_{ed}$** : Esfuerzo normal de cálculo.

**$M_{ed}$** : Momento de cálculo de primer orden.

**$N_{ed}$**  : 2354.59 kN  
 **$M_{ed,x}$**  : 75.12 kN·m  
 **$M_{ed,y}$**  : -148.39 kN·m

$N_{Rd}, M_{Rd}$  son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

**$N_{Rd}$** : Axil de agotamiento.

**$M_{Rd}$** : Momentos de agotamiento.

**$N_{Rd}$**  : 3243.20 kN  
 **$M_{Rd,x}$**  : 103.47 kN·m  
 **$M_{Rd,y}$**  : -204.39 kN·m

Donde:

$N_{ed} = N_d$

$M_{ed} = N_d \cdot e_e$

Siendo:

**$e_e$** : Excentricidad de primer orden. Se calcula teniendo en cuenta la excentricidad mínima  $e_{min}$  según el artículo 42.2.1.

**$e_{e,x}$**  : -63.02 mm

**$e_{e,y}$**  : 31.90 mm

En este caso, las excentricidades  $e_{0,x}$  y  $e_{0,y}$  son superiores a la mínima.

$e_{e,x} = e_{0,x}$

$e_{e,y} = e_{0,y}$

Donde:

**En el eje x:**

$e_{min} = h/20 \nless 2$  cm

**$e_{min}$**  : 25.00 mm

**h**: Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

**h** : 500.00 mm

$$e_0 = \frac{M_d}{N_d}$$

**e<sub>0</sub>** : 31.90 mm

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento de cálculo de primer orden.

**M<sub>d</sub>** : 75.12 kN·m

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

**N<sub>d</sub>** : 2354.59 kN

**En el eje y:**

$$e_{\min} = h/20 \nless 2 \text{ cm}$$

**e<sub>min</sub>** : 25.00 mm

**h**: Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

**h** : 500.00 mm

$$e_0 = \frac{M_d}{N_d}$$

**e<sub>0</sub>** : -63.02 mm

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento de cálculo de primer orden.

**M<sub>d</sub>** : -148.39 kN·m

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

**N<sub>d</sub>** : 2354.59 kN

### Comprobación del estado limite de inestabilidad

**En el eje x:**

Los efectos de segundo orden pueden ser despreciados, ya que la esbeltez mecánica del soporte  $\lambda$  es menor que la esbeltez límite inferior  $\lambda_{\text{inf}}$  indicada en 43.1.2.

$$\lambda = \frac{l_0}{i_c} = \frac{l_0}{\sqrt{I/A_c}}$$

**λ** : 20.78

Donde:

**l<sub>0</sub>**: Longitud de pandeo.

**l<sub>0</sub>** : 3.000 m

**i<sub>c</sub>**: Radio de giro de la sección de hormigón.

**i<sub>c</sub>** : 14.43 cm

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

**A<sub>c</sub>** : 2500.00 cm<sup>2</sup>

**I**: Inercia.

**I** : 520833.33 cm<sup>4</sup>

$$\lambda_{\text{inf}} = 35 \cdot \sqrt{\frac{C}{v} \cdot \left[ 1 + \frac{0.24}{e_2/h} + 3.4 \cdot \left( \frac{e_1}{e_2} - 1 \right)^2 \right]} \nless 100$$

**λ<sub>inf</sub>** : 47.32

Donde:

**e<sub>2</sub>**: Excentricidad de primer orden correspondiente al mayor momento, considerada positiva.

**e<sub>2</sub>** : 31.90 mm

**e<sub>1</sub>**: En estructuras traslacionales es igual a e<sub>2</sub>.

**e<sub>1</sub>** : 31.90 mm

**h**: Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

**h** : 500.00 mm

**C**: Coeficiente que depende de la disposición de armaduras.

**C** : 0.22

**v**: Axil adimensional o reducido de cálculo que solicita el soporte.

**v** : 0.57



$$v = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

**N<sub>d</sub>** : 2354.59 kN

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

**f<sub>cd</sub>** : 16.67 MPa

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

**A<sub>c</sub>** : 2500.00 cm<sup>2</sup>

**En el eje y:**

Los efectos de segundo orden pueden ser despreciados, ya que la esbeltez mecánica del soporte  $\lambda$  es menor que la esbeltez límite inferior  $\lambda_{inf}$  indicada en 43.1.2.

$$\lambda = \frac{l_0}{i_c} = \frac{l_0}{\sqrt{I/A_c}}$$

**$\lambda$**  : 20.78

Donde:

**l<sub>0</sub>**: Longitud de pandeo.

**l<sub>0</sub>** : 3.000 m

**i<sub>c</sub>**: Radio de giro de la sección de hormigón.

**i<sub>c</sub>** : 14.43 cm

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

**A<sub>c</sub>** : 2500.00 cm<sup>2</sup>

**I**: Inercia.

**I** : 520833.33 cm<sup>4</sup>

$$\lambda_{inf} = 35 \cdot \sqrt{\frac{C}{v} \cdot \left[ 1 + \frac{0.24}{e_2/h} + 3.4 \cdot \left( \frac{e_1}{e_2} - 1 \right)^2 \right]} \geq 100$$

**$\lambda_{inf}$**  : 52.23

Donde:

**e<sub>2</sub>**: Excentricidad de primer orden correspondiente al mayor momento, considerada positiva.

**e<sub>2</sub>** : 25.00 mm

**e<sub>1</sub>**: En estructuras traslacionales es igual a e<sub>2</sub>.

**e<sub>1</sub>** : 25.00 mm

**h**: Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

**h** : 500.00 mm

**C**: Coeficiente que depende de la disposición de armaduras.

**C** : 0.22

**v**: Axil adimensional o reducido de cálculo que solicita el soporte.

**v** : 0.57

$$v = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

**N<sub>d</sub>** : 2354.59 kN

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

**f<sub>cd</sub>** : 16.67 MPa

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

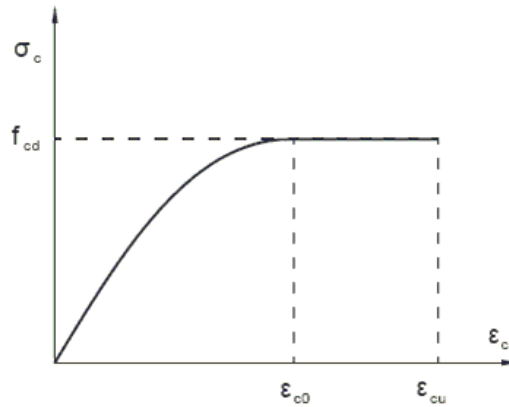
**A<sub>c</sub>** : 2500.00 cm<sup>2</sup>

**Cálculo de la capacidad resistente**

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 42.1):

- (a) El agotamiento se caracteriza por el valor de la deformación en determinadas fibras de la sección, definidas por los dominios de deformación de agotamiento.
- (b) Las deformaciones del hormigón siguen una ley plana.
- (c) Las deformaciones  $\epsilon_s$  de las armaduras pasivas se mantienen iguales a las del hormigón que las envuelve.
- (d) Diagramas de cálculo.

- (i) El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.



$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67 \text{ MPa}}$$

$\epsilon_{cd}$ : Deformación de rotura del hormigón en compresión simple.

$$\epsilon_{cd} : \underline{0.0020}$$

$\epsilon_{cu}$ : Deformación de rotura del hormigón en flexión.

$$\epsilon_{cu} : \underline{0.0035}$$

Se considera como resistencia de cálculo del hormigón en compresión el valor:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$\alpha_{cc}$ : Factor que tiene en cuenta el cansancio del hormigón cuando está sometido a altos niveles de tensión de compresión debido a cargas de larga duración.

$$\alpha_{cc} : \underline{1.00}$$

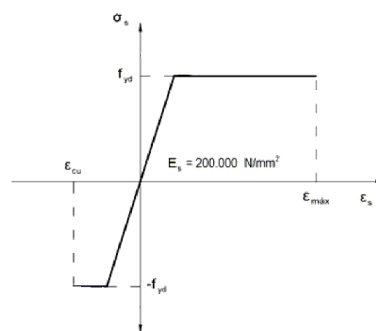
$f_{ck}$ : Resistencia característica del hormigón.

$$f_{ck} : \underline{25.00 \text{ MPa}}$$

$\gamma_c$ : Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón.

$$\gamma_c : \underline{1.5}$$

- (ii) Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{434.78 \text{ MPa}}$$

$\epsilon_{max}$ : Deformación máxima del acero en tracción.

$$\epsilon_{max} : \underline{0.0100}$$

$\epsilon_{cu}$ : Deformación de rotura del hormigón en flexión.

$$\epsilon_{cu} : \underline{0.0035}$$

Se considera como resistencia de cálculo del acero el valor:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

$f_{yk}$ : Resistencia característica de proyecto

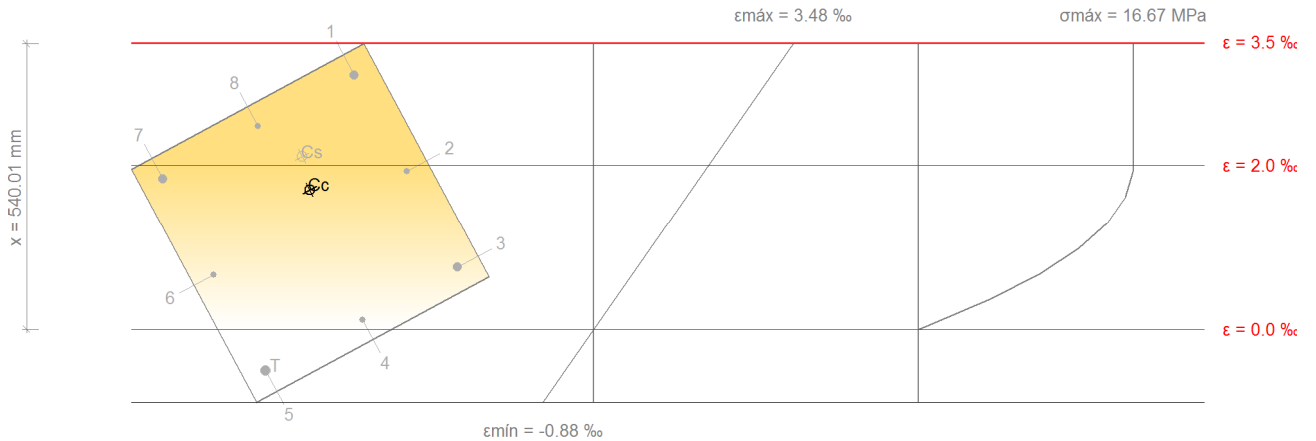
$$f_{yk} : \underline{500.00 \text{ MPa}}$$

$\gamma_s$ : Coeficiente parcial de seguridad.

$$\gamma_s : \underline{1.15}$$

(e) Se aplican a las resultantes de tensiones en la sección las ecuaciones generales de equilibrio de fuerzas y de momentos.

**Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:**



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\sigma_s$ (MPa)	$\epsilon$
1	Ø16	-206.00	206.00	+400.00	+0.003098
2	Ø12	0.00	208.00	+386.88	+0.001934
3	Ø16	206.00	206.00	+151.68	+0.000758
4	Ø12	208.00	0.00	+23.51	+0.000118
5	Ø16	206.00	-206.00	-100.11	-0.000501
6	Ø12	0.00	-208.00	+132.64	+0.000663
7	Ø16	-206.00	-206.00	+367.84	+0.001839
8	Ø12	-208.00	0.00	+400.00	+0.002480

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	2971.79	-55.81	28.85
Cs	291.54	-117.92	46.63
T	20.13	206.00	-206.00

$$N_{ed} = C_c + C_s - T$$

$$N_{Rd} = 3243.20 \text{ kN}$$

$$M_{ed,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{Rd,x} = 103.47 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ed,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{Rd,y} = -204.39 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**C<sub>c</sub>**: Resultante de compresiones en el hormigón.

$$C_c = 2971.79 \text{ kN}$$

**C<sub>s</sub>**: Resultante de compresiones en el acero.

**T**: Resultante de tracciones en el acero.

**e<sub>cc</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

**e<sub>cs</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

**e<sub>T</sub>**: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

**ε<sub>cmax</sub>**: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

**ε<sub>smax</sub>**: Deformación de la barra de acero más traccionada.

**σ<sub>cmax</sub>**: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

**σ<sub>smax</sub>**: Tensión de la barra de acero más traccionada.

**C<sub>s</sub>** : 291.54 kN

**T** : 20.13 kN

**e<sub>cc,x</sub>** : -55.81 mm

**e<sub>cc,y</sub>** : 28.85 mm

**e<sub>cs,x</sub>** : -117.92 mm

**e<sub>cs,y</sub>** : 46.63 mm

**e<sub>T,x</sub>** : 206.00 mm

**e<sub>T,y</sub>** : -206.00 mm

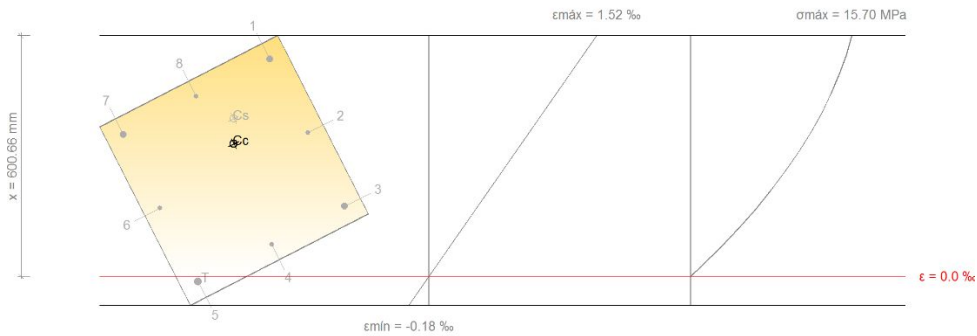
**ε<sub>cmax</sub>** : 0.0035

**ε<sub>smax</sub>** : 0.0005

**σ<sub>cmax</sub>** : 16.67 MPa

**σ<sub>smax</sub>** : 100.11 MPa

**Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sub>ésimos</sub>:**



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ <sub>s</sub> (MPa)	ε
1	Ø16	-206.00	206.00	+273.69	+0.001368
2	Ø12	0.00	208.00	+181.41	+0.000907
3	Ø16	206.00	206.00	+88.20	+0.000441
4	Ø12	208.00	0.00	+39.97	+0.000200
5	Ø16	206.00	-206.00	-6.47	-0.000032
6	Ø12	0.00	-208.00	+85.82	+0.000429
7	Ø16	-206.00	-206.00	+179.02	+0.000895
8	Ø12	-208.00	0.00	+227.26	+0.001136

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
C <sub>c</sub>	2186.68	-58.82	29.74
C <sub>s</sub>	169.20	-115.27	58.06
T	1.30	206.00	-206.00

$$N_{ed} = C_c + C_s - T$$

**N<sub>ed</sub>** : 2354.59 kN

$$M_{ed,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

**M<sub>ed,x</sub>** : 75.12 kN·m

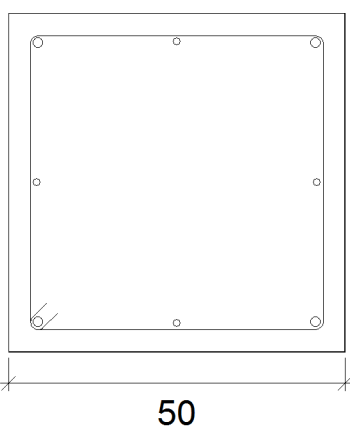
$$M_{ed,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{ed,y} : -148.39 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

<b>C<sub>c</sub></b> : Resultante de compresiones en el hormigón.	<b>C<sub>c</sub></b> : 2186.68 kN
<b>C<sub>s</sub></b> : Resultante de compresiones en el acero.	<b>C<sub>s</sub></b> : 169.20 kN
<b>T</b> : Resultante de tracciones en el acero.	<b>T</b> : 1.30 kN
<b>e<sub>cc</sub></b> : Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.	<b>e<sub>cc,x</sub></b> : -58.82 mm
	<b>e<sub>cc,y</sub></b> : 29.74 mm
<b>e<sub>cs</sub></b> : Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	<b>e<sub>cs,x</sub></b> : -115.27 mm
	<b>e<sub>cs,y</sub></b> : 58.06 mm
<b>e<sub>T</sub></b> : Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.	<b>e<sub>T,x</sub></b> : 206.00 mm
	<b>e<sub>T,y</sub></b> : -206.00 mm
<b>ε<sub>cmax</sub></b> : Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.	<b>ε<sub>cmax</sub></b> : 0.0015
<b>ε<sub>smax</sub></b> : Deformación de la barra de acero más traccionada.	<b>ε<sub>smax</sub></b> : 0.0000
<b>σ<sub>cmax</sub></b> : Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.	<b>σ<sub>cmax</sub></b> : 15.70 MPa
<b>σ<sub>smax</sub></b> : Tensión de la barra de acero más traccionada.	<b>σ<sub>smax</sub></b> : 6.47 MPa

### 10.1.2.3 PILAR 3. TRAMO FORJADO (-3.5 – 0 m)

Datos del Pilar P3	
 <p style="text-align: center;">50</p>	Geometría
	Dimensiones : 50x50 cm
	Tramo : -3.500/0.000 m
	Altura libre : 2.60 m
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm
	Tamaño máximo de árido : 15 mm
	Materiales
Hormigón : HA-25, Y <sub>c</sub> =1.5	Longitud de pandeo
Acero : B 500 S, Y <sub>s</sub> =1.15	Plano ZX : 3.00 m
	Plano ZY : 3.00 m
	Armadura longitudinal
Esquina : 4Ø16	Armadura transversal
Cara X : 2Ø12	Estribos : 1eØ6
Cara Y : 2Ø12	Separación : 6 - 15 - 10 cm
Cuantía : 0.50 %	

#### Disposiciones relativas a las armaduras (EHE-08, Artículos 42.3, 54 y 69.4.1.1)

##### Dimensiones mínimas

La dimensión mínima del soporte ( $b_{min}$ ) debe cumplir la siguiente condición (Artículo 54):

$$b_{min} \geq 250 \text{ mm}$$

$$500.00 \text{ mm} \geq 250.00 \text{ mm} \quad \checkmark$$

##### Armadura longitudinal

La distancia libre  $d_l$ , horizontal y vertical, entre dos barras aisladas consecutivas debe ser igual o superior a  $s_{min}$  (Artículo 69.4.1.1):

$$d_l \geq s_{min}$$

$$192 \text{ mm} \geq 20 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

## ANEJO 7. ESTRUCTURA PRINCIPAL

**$s_{min}$** : Valor máximo de  $s_1$ ,  $s_2$ ,  $s_3$ .

**$s_{min}$**  : 20 mm

$$s_1 = 20 \text{ mm}$$

**$s_1$**  : 20 mm

$$s_2 = 1.25 \cdot d_a$$

**$s_2$**  : 19 mm

$$s_3 = \varnothing_{max}$$

**$s_3$**  : 16 mm

Siendo:

**$d_a$** : Tamaño máximo del árido.

**$d_a$**  : 15 mm

**$\varnothing_{max}$** : Diámetro de la barra comprimida más gruesa.

**$\varnothing_{max}$**  : 16 mm

La separación entre dos barras consecutivas de la armadura principal debe ser de 350 mm como máximo (Artículo 54):

$$s \leq 350 \text{ mm}$$

**206 mm  $\leq$  350 mm** ✓

El diámetro de la barra comprimida más delgada no será inferior a 12 mm (Artículo 54):

$$\varnothing \geq 12 \text{ mm}$$

**12 mm  $\geq$  12 mm** ✓

### Estribos

La distancia libre  $d_l$ , horizontal y vertical, entre dos barras aisladas consecutivas debe ser igual o superior a  $s_{min}$  (Artículo 69.4.1.1):

$$d_l \geq s_{min}$$

**54 mm  $\geq$  20 mm** ✓

Donde:

**$s_{min}$** : Valor máximo de  $s_1$ ,  $s_2$ ,  $s_3$ .

**$s_{min}$**  : 20 mm

$$s_1 = 20 \text{ mm}$$

**$s_1$**  : 20 mm

$$s_2 = 1.25 \cdot d_a$$

**$s_2$**  : 19 mm

$$s_3 = \varnothing_{max}$$

**$s_3$**  : 6 mm

Siendo:

**$d_a$** : Tamaño máximo del árido.

**$d_a$**  : 15 mm

**$\varnothing_{max}$** : Diámetro de la barra más gruesa de la armadura transversal.

**$\varnothing_{max}$**  : 6 mm

Para poder tener en cuenta las armaduras pasivas en compresión, es necesario que vayan sujetas por cercos o estribos cuya separación  $s_t$  y diámetro  $\varnothing_t$  cumplan (Artículo 42.3.1):

$$s_t \leq 15 \cdot \varnothing_{min} \nlessgtr 300 \text{ mm}$$

**60 mm  $\leq$  180 mm** ✓

$$s_t \leq b_{min}$$

**60 mm  $\leq$  500 mm** ✓

Donde:

**$\varnothing_{min}$** : Diámetro de la barra comprimida más delgada.

**$\varnothing_{min}$**  : 12 mm

$b_{min}$ : Dimensión mínima de la sección.

$$b_{min} : \underline{500.00} \text{ mm}$$

$$\varnothing_t \geq 1/4 \cdot \varnothing_{max}$$

$$6 \text{ mm} \geq 4 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

$\varnothing_{max}$ : Diámetro de la barra comprimida más gruesa.

$$\varnothing_{max} : \underline{16} \text{ mm}$$

**Armadura mínima y máxima (EHE-08, Artículo 42.3)**

**Cuantía geométrica mínima de armadura principal (Artículo 42.3.5)**

La cuantía geométrica de armadura principal  $\rho_l$  en pilares con barras de acero  $f_{yk}=500.00$  MPa debe cumplir:

$$\rho_l \geq 0.004$$

$$0.0050 \geq 0.0040 \quad \checkmark$$

**Armadura longitudinal mínima para secciones en compresión simple o compuesta (Artículo 42.3.3)**

En secciones sometidas a compresión simple o compuesta, las armaduras principales deben cumplir la siguiente limitación:

$$A'_s \cdot f_{yc,d} \geq 0.1 \cdot N_d$$

$$502.66 \text{ kN} \geq 237.06 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$A'_s$ : Área total de la armadura comprimida.

$$A'_s : \underline{12.57} \text{ cm}^2$$

$f_{yc,d}$ : Resistencia de cálculo del acero a compresión.

$$f_{yc,d} : \underline{400.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yc,d} = f_{yd} \geq 400 \text{ N/mm}^2$$

$N_d$ : Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{2370.55} \text{ kN}$$

**Armadura longitudinal máxima para secciones en compresión simple o compuesta (Artículo 42.3.3)**

En secciones sometidas a compresión simple o compuesta, las armaduras principales deben cumplir la siguiente limitación:

$$A'_s \cdot f_{yc,d} \leq f_{cd} \cdot A_c$$

$$502.66 \text{ kN} \leq 4166.67 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$A'_s$ : Área total de la armadura comprimida.

$$A'_s : \underline{12.57} \text{ cm}^2$$

$f_{yc,d}$ : Resistencia de cálculo del acero a compresión.

$$f_{yc,d} : \underline{400.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yc,d} = f_{yd} \geq 400 \text{ N/mm}^2$$

$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

$A_c$ : Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{2500.00} \text{ cm}^2$$

**Estado límite de agotamiento frente a cortante (EHE-08, Artículo 44)**

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\left(\frac{V_{rd1,x}}{V_{u1,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_{rd1,y}}{V_{u1,y}}\right)^2} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.045} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{rd1}$ : Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$$V_{rd1,x} : \underline{48.25} \text{ kN}$$

$$V_{rd1,y} : \underline{27.22} \text{ kN}$$

$V_{u1}$ : Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.

$$V_{u1} : \underline{1229.55} \text{ kN}$$



$$\eta_2 = \sqrt{\left(\frac{V_{rd2,x}}{V_{u2,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_{rd2,y}}{V_{u2,y}}\right)^2} \leq 1$$

$\eta$  : 0.215 ✓

Donde:

**V<sub>rd2</sub>**: Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

**V<sub>rd2,x</sub>** : 48.25 kN

**V<sub>rd2,y</sub>** : 27.22 kN

**V<sub>u2</sub>** : 257.81 kN

**V<sub>u2</sub>**: Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa.

**Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.**

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma se deduce de la siguiente expresión:

Cortante en la dirección X:

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

**V<sub>u1</sub>** : 1229.55 kN

Donde:

**K**: Coeficiente que depende del esfuerzo axil.

**K** : 1.25

$$0.25 \cdot f_{cd} < \sigma'_{cd} \leq 0.50 \cdot f_{cd} \rightarrow K = 1.25$$

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

**f<sub>cd</sub>** : 16.67 MPa

**σ'<sub>cd</sub>**: Tensión axil efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

**σ'<sub>cd</sub>** : 7.30 MPa

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

**N<sub>d</sub>** : 2370.55 kN

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

**A<sub>c</sub>** : 2500.00 cm<sup>2</sup>

**A'<sub>s</sub>**: Área total de la armadura comprimida.

**A'<sub>s</sub>** : 12.57 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 434.78 MPa

**f<sub>1cd</sub>**: Resistencia a compresión del hormigón

**f<sub>1cd</sub>** : 10.00 MPa

$$f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{1cd} = 0.60 \cdot f_{cd}$$

**f<sub>ck</sub>**: Resistencia característica del hormigón.

**f<sub>ck</sub>** : 25.00 MPa

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

**f<sub>cd</sub>** : 16.67 MPa

**b<sub>0</sub>**: Anchura neta mínima del elemento.

**b<sub>0</sub>** : 500.00 mm

**d**: Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.

**d** : 393.46 mm

**α**: Ángulo de los estribos con el eje de la pieza.

**α** : 90.0 grados

**θ**: Ángulo entre la biela de compresión de hormigón y el eje de la pieza.

**θ** : 45.0 grados

Cortante en la dirección Y:

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

**V<sub>u1</sub>** : 1229.55 kN

Donde:

**K**: Coeficiente que depende del esfuerzo axil.

**K** : 1.25

$$0.25 \cdot f_{cd} < \sigma'_{cd} \leq 0.50 \cdot f_{cd} \rightarrow K = 1.25$$

<b>f<sub>cd</sub></b> : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.	<b>f<sub>cd</sub></b> : <u>16.67</u> MPa
<b>σ'<sub>cd</sub></b> : Tensión axial efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.	<b>σ'<sub>cd</sub></b> : <u>7.30</u> MPa
$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$	
<b>N<sub>d</sub></b> : Esfuerzo normal de cálculo.	<b>N<sub>d</sub></b> : <u>2370.55</u> kN
<b>A<sub>c</sub></b> : Área total de la sección de hormigón.	<b>A<sub>c</sub></b> : <u>2500.00</u> cm <sup>2</sup>
<b>A'<sub>s</sub></b> : Área total de la armadura comprimida.	<b>A'<sub>s</sub></b> : <u>12.57</u> cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> : <u>434.78</u> MPa
<b>f<sub>1cd</sub></b> : Resistencia a compresión del hormigón	<b>f<sub>1cd</sub></b> : <u>10.00</u> MPa
$f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{1cd} = 0.60 \cdot f_{cd}$	
<b>f<sub>ck</sub></b> : Resistencia característica del hormigón.	<b>f<sub>ck</sub></b> : <u>25.00</u> MPa
<b>f<sub>cd</sub></b> : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.	<b>f<sub>cd</sub></b> : <u>16.67</u> MPa
<b>b<sub>0</sub></b> : Anchura neta mínima del elemento.	<b>b<sub>0</sub></b> : <u>500.00</u> mm
<b>d</b> : Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.	<b>d</b> : <u>393.46</u> mm
<b>α</b> : Ángulo de los estribos con el eje de la pieza.	<b>α</b> : <u>90.0</u> grados
<b>θ</b> : Ángulo entre la biela de compresión de hormigón y el eje de la pieza.	<b>θ</b> : <u>45.0</u> grados

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa.

**Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.**

Cortante en la dirección X:

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma en piezas sin armadura de cortante se obtiene como:

$$V_{u2} = \left[ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{cv})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d \quad \mathbf{V_{u2}} : \underline{232.96} \text{ kN}$$

con un valor mínimo de:

$$V_{u2,min} = \left[ \frac{0.075}{\gamma_c} \cdot \xi^{3/2} \cdot f_{cv}^{1/2} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d \quad \mathbf{V_{u2,min}} : \underline{257.81} \text{ kN}$$

Donde:

<b>b<sub>0</sub></b> : Anchura neta mínima del elemento.	<b>b<sub>0</sub></b> : <u>500.00</u> mm
<b>d</b> : Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.	<b>d</b> : <u>393.46</u> mm
<b>γ<sub>c</sub></b> : Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón.	<b>γ<sub>c</sub></b> : <u>1.5</u>
<b>ξ</b> : Coeficiente que depende del canto útil 'd'.	<b>ξ</b> : <u>1.71</u>

$$\xi = \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) \leq 2$$

**f<sub>cv</sub>**: Resistencia efectiva del hormigón a cortante en N/mm<sup>2</sup>. **f<sub>cv</sub>** : 25.00 MPa

$$f_{cv} = f_{ck} \nlessgtr 60 \text{ N/mm}^2$$

**f<sub>ck</sub>**: Resistencia característica del hormigón. **f<sub>ck</sub>** : 25.00 MPa

**σ'<sub>cd</sub>**: Tensión axial efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras. **σ'<sub>cd</sub>** : 5.00 MPa

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d}{A_c} < 0.30 \cdot f_{cd} \nlessgtr 12 \text{ MPa}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

**N<sub>d</sub>** : 2370.55 kN

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

**A<sub>c</sub>** : 2500.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

**f<sub>cd</sub>** : 16.67 MPa

**ρ<sub>l</sub>**: Cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción.

**ρ<sub>l</sub>** : 0.0038

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_0 \cdot d} \leq 0.02$$

**A<sub>s</sub>**: Área de la armadura longitudinal principal de tracción.

**A<sub>s</sub>** : 7.41 cm<sup>2</sup>

Cortante en la dirección Y:

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma en piezas sin armadura de cortante se obtiene como:

$$V_{u2} = \left[ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{cv})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d$$

**V<sub>u2</sub>** : 232.96 kN

con un valor mínimo de:

$$V_{u2,min} = \left[ \frac{0.075}{\gamma_c} \cdot \xi^{3/2} \cdot f_{cv}^{1/2} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d$$

**V<sub>u2,min</sub>** : 257.81 kN

Donde:

**b<sub>0</sub>**: Anchura neta mínima del elemento.

**b<sub>0</sub>** : 500.00 mm

**d**: Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.

**d** : 393.46 mm

**γ<sub>c</sub>**: Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón.

**γ<sub>c</sub>** : 1.5

**ξ**: Coeficiente que depende del canto útil 'd'.

**ξ** : 1.71

$$\xi = \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) \leq 2$$

**f<sub>cv</sub>**: Resistencia efectiva del hormigón a cortante en N/mm<sup>2</sup>.

**f<sub>cv</sub>** : 25.00 MPa

$$f_{cv} = f_{ck} \nlessgtr 60 \text{ N/mm}^2$$

**f<sub>ck</sub>**: Resistencia característica del hormigón.

**f<sub>ck</sub>** : 25.00 MPa

**σ'<sub>cd</sub>**: Tensión axial efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

**σ'<sub>cd</sub>** : 5.00 MPa

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d}{A_c} < 0.30 \cdot f_{cd} \nlessgtr 12 \text{ MPa}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

**N<sub>d</sub>** : 2370.55 kN

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

**A<sub>c</sub>** : 2500.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

**f<sub>cd</sub>** : 16.67 MPa

**ρ<sub>l</sub>**: Cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción.

**ρ<sub>l</sub>** : 0.0038

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_0 \cdot d} \leq 0.02$$

**A<sub>s</sub>**: Área de la armadura longitudinal principal de tracción.

**A<sub>s</sub>** : 7.41 cm<sup>2</sup>

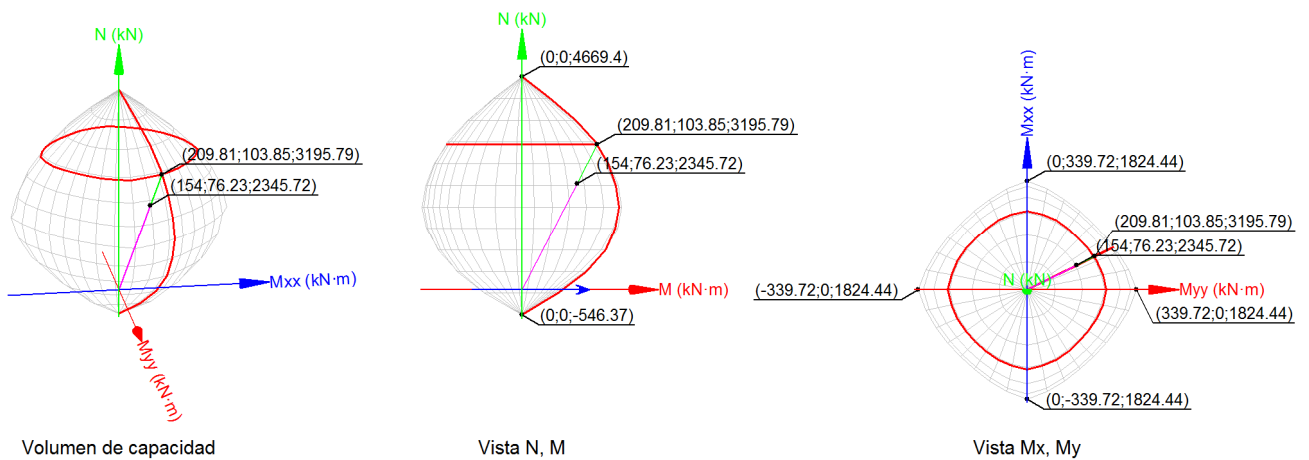
**Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales** (EHE-08, Artículo 42)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '-2.9 m', para la combinación de hipótesis "1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa".

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{N_{ed}^2 + M_{ed,x}^2 + M_{ed,y}^2}{N_{Rd}^2 + M_{Rd,x}^2 + M_{Rd,y}^2}} \leq 1$$

$\eta : \mathbf{0.734}$  ✓



**Comprobación de resistencia de la sección ( $\eta_1$ )**

$N_{ed}, M_{ed}$  son los esfuerzos de cálculo de primer orden, incluyendo, en su caso, la excentricidad mínima según 42.2.1:

**$N_{ed}$** : Esfuerzo normal de cálculo.

**$M_{ed}$** : Momento de cálculo de primer orden.

$N_{ed} : \frac{2345.72}{kN}$   
 $M_{ed,x} : \frac{76.23}{kN \cdot m}$   
 $M_{ed,y} : \frac{154.00}{kN \cdot m}$

$N_{Rd}, M_{Rd}$  son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

**$N_{Rd}$** : Axil de agotamiento.

**$M_{Rd}$** : Momentos de agotamiento.

$N_{Rd} : \frac{3195.79}{kN}$   
 $M_{Rd,x} : \frac{103.85}{kN \cdot m}$   
 $M_{Rd,y} : \frac{209.81}{kN \cdot m}$

Donde:

$N_{ed} = N_d$

$M_{ed} = N_d \cdot e_e$

Siendo:

**$e_e$** : Excentricidad de primer orden. Se calcula teniendo en cuenta la excentricidad mínima  $e_{min}$  según el artículo 42.2.1.

$e_{e,x} : \frac{65.65}{mm}$   
 $e_{e,y} : \frac{32.50}{mm}$

En este caso, las excentricidades  $e_{0,x}$  y  $e_{0,y}$  son superiores a la mínima.

$$e_{e,x} = e_{0,x}$$

$$e_{e,y} = e_{0,y}$$

Donde:

**En el eje x:**

$$e_{min} : \underline{25.00} \text{ mm}$$

**h:** Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

$$h : \underline{500.00} \text{ mm}$$

$$e_0 = \frac{M_d}{N_d}$$

$$e_0 : \underline{32.50} \text{ mm}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>:** Momento de cálculo de primer orden.

$$M_d : \underline{76.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**N<sub>d</sub>:** Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{2345.72} \text{ kN}$$

**En el eje y:**

$$e_{min} = h/20 \nless 2 \text{ cm}$$

$$e_{min} : \underline{25.00} \text{ mm}$$

**h:** Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

$$h : \underline{500.00} \text{ mm}$$

$$e_0 = \frac{M_d}{N_d}$$

$$e_0 : \underline{65.65} \text{ mm}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>:** Momento de cálculo de primer orden.

$$M_d : \underline{154.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**N<sub>d</sub>:** Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{2345.72} \text{ kN}$$

### Comprobación del estado límite de inestabilidad

**En el eje x:**

Los efectos de segundo orden pueden ser despreciados, ya que la esbeltez mecánica del soporte  $\lambda$  es menor que la esbeltez límite inferior  $\lambda_{inf}$  indicada en 43.1.2.

$$\lambda = \frac{l_0}{i_c} = \frac{l_0}{\sqrt{I/A_c}}$$

$$\lambda : \underline{20.78}$$

Donde:

**l<sub>0</sub>:** Longitud de pandeo.

$$l_0 : \underline{3.000} \text{ m}$$

**i<sub>c</sub>:** Radio de giro de la sección de hormigón.

$$i_c : \underline{14.43} \text{ cm}$$

**A<sub>c</sub>:** Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{2500.00} \text{ cm}^2$$

**I:** Inercia.

$$I : \underline{520833.33} \text{ cm}^4$$

$$\lambda_{inf} = 35 \cdot \sqrt{\frac{C}{v} \cdot \left[ 1 + \frac{0.24}{e_2/h} + 3.4 \cdot \left( \frac{e_1}{e_2} - 1 \right)^2 \right]} \nless 100$$

$$\lambda_{inf} : \underline{47.07}$$

Donde:

**e<sub>2</sub>:** Excentricidad de primer orden correspondiente al mayor momento, considerada positiva.

$$e_2 : \underline{32.50} \text{ mm}$$

**e<sub>1</sub>**: En estructuras traslacionales es igual a e<sub>2</sub>.

**e<sub>1</sub>** : 32.50 mm

**h**: Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

**h** : 500.00 mm

**C**: Coeficiente que depende de la disposición de armaduras.

**C** : 0.22

**v**: Axil adimensional o reducido de cálculo que solicita el soporte.

**v** : 0.56

$$v = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

**N<sub>d</sub>** : 2345.72 kN

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

**f<sub>cd</sub>** : 16.67 MPa

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

**A<sub>c</sub>** : 2500.00 cm<sup>2</sup>

**En el eje y:**

Los efectos de segundo orden pueden ser despreciados, ya que la esbeltez mecánica del soporte λ es menor que la esbeltez límite inferior λ<sub>inf</sub> indicada en 43.1.2.

$$\lambda = \frac{l_0}{i_c} = \frac{l_0}{\sqrt{I/A_c}}$$

**λ** : 20.78

Donde:

**l<sub>0</sub>**: Longitud de pandeo.

**l<sub>0</sub>** : 3.000 m

**i<sub>c</sub>**: Radio de giro de la sección de hormigón.

**i<sub>c</sub>** : 14.43 cm

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

**A<sub>c</sub>** : 2500.00 cm<sup>2</sup>

**I**: Inercia.

**I** : 520833.33 cm<sup>4</sup>

$$\lambda_{inf} = 35 \cdot \sqrt{\frac{C}{v} \cdot \left[ 1 + \frac{0.24}{e_2/h} + 3.4 \cdot \left( \frac{e_1}{e_2} - 1 \right)^2 \right]} \geq 100$$

**λ<sub>inf</sub>** : 36.54

Donde:

**e<sub>2</sub>**: Excentricidad de primer orden correspondiente al mayor momento, considerada positiva.

**e<sub>2</sub>** : 65.65 mm

**e<sub>1</sub>**: En estructuras traslacionales es igual a e<sub>2</sub>.

**e<sub>1</sub>** : 65.65 mm

**h**: Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

**h** : 500.00 mm

**C**: Coeficiente que depende de la disposición de armaduras.

**C** : 0.22

**v**: Axil adimensional o reducido de cálculo que solicita el soporte.

**v** : 0.56

$$v = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

**N<sub>d</sub>** : 2345.72 kN

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

**f<sub>cd</sub>** : 16.67 MPa

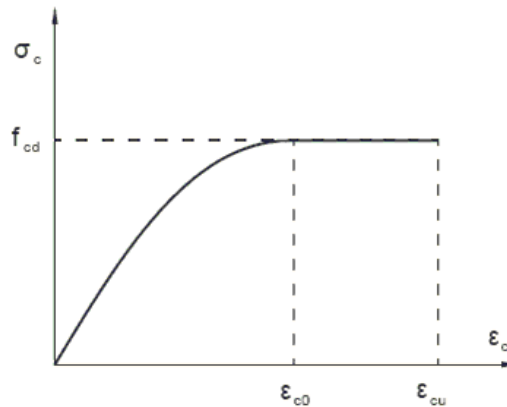
**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

**A<sub>c</sub>** : 2500.00 cm<sup>2</sup>

**Cálculo de la capacidad resistente**

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 42.1):

- (a) El agotamiento se caracteriza por el valor de la deformación en determinadas fibras de la sección, definidas por los dominios de deformación de agotamiento.
- (b) Las deformaciones del hormigón siguen una ley plana.
- (c) Las deformaciones  $\epsilon_s$  de las armaduras pasivas se mantienen iguales a las del hormigón que las envuelve.
- (d) Diagramas de cálculo.
  - (i) El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.



$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$f_{cd} : \underline{16.67 \text{ MPa}}$

$\epsilon_{cd}$ : Deformación de rotura del hormigón en compresión simple.

$\epsilon_{cd} : \underline{0.0020}$

$\epsilon_{cu}$ : Deformación de rotura del hormigón en flexión.

$\epsilon_{cu} : \underline{0.0035}$

Se considera como resistencia de cálculo del hormigón en compresión el valor:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$\alpha_{cc}$ : Factor que tiene en cuenta el cansancio del hormigón cuando está sometido a altos niveles de tensión de compresión debido a cargas de larga duración.

$\alpha_{cc} : \underline{1.00}$

$f_{ck}$ : Resistencia característica del hormigón.

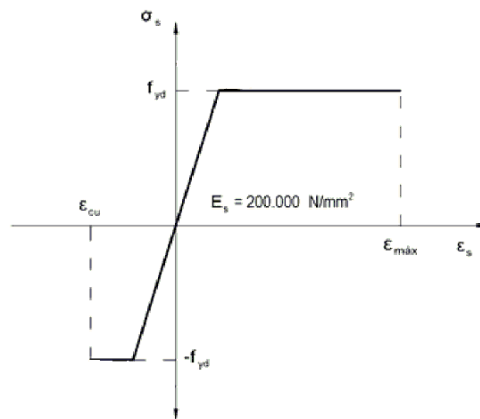
$f_{ck} : \underline{25.00 \text{ MPa}}$

$\gamma_c$ : Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón.

$\gamma_c : \underline{1.5}$

- (ii) Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.





**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 434.78 MPa

**ε<sub>máx</sub>**: Deformación máxima del acero en tracción.

**ε<sub>máx</sub>** : 0.0100

**ε<sub>cu</sub>**: Deformación de rotura del hormigón en flexión.

**ε<sub>cu</sub>** : 0.0035

Se considera como resistencia de cálculo del acero el valor:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

**f<sub>yk</sub>**: Resistencia característica de proyecto

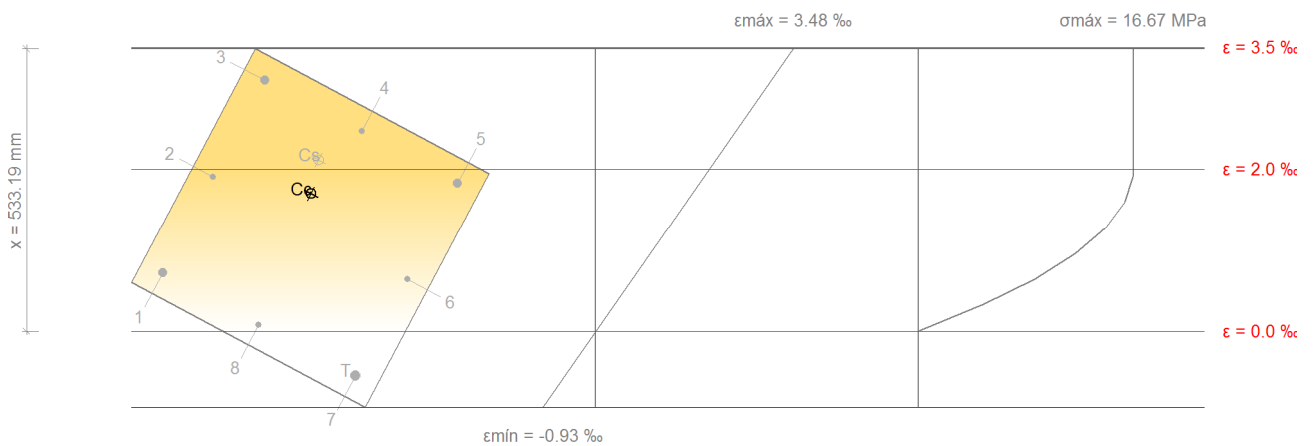
**f<sub>yk</sub>** : 500.00 MPa

**γ<sub>s</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad.

**γ<sub>s</sub>** : 1.15

(e) Se aplican a las resultantes de tensiones en la sección las ecuaciones generales de equilibrio de fuerzas y de momentos.

**Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:**



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ <sub>s</sub> (MPa)	ε
1	Ø16	-206.00	206.00	+143.50	+0.000718
2	Ø12	0.00	208.00	+382.37	+0.001912
3	Ø16	206.00	206.00	+400.00	+0.003094
4	Ø12	208.00	0.00	+400.00	+0.002474
5	Ø16	206.00	-206.00	+366.26	+0.001831
6	Ø12	0.00	-208.00	+127.40	+0.000637

Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\sigma_s$ (MPa)	$\epsilon$
7	Ø16	-206.00	-206.00	-109.01	-0.000545
8	Ø12	-208.00	0.00	+14.94	+0.000075

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	2930.21	58.17	29.35
Cs	287.50	121.22	46.40
T	21.92	-206.00	-206.00

$$N_{Rd} = C_c + C_s - T$$

$$N_{Rd} : \underline{3195.79} \text{ kN}$$

$$M_{Rd,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{Rd,x} : \underline{103.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{Rd,y} : \underline{209.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**C<sub>c</sub>**: Resultante de compresiones en el hormigón.

$$C_c : \underline{2930.21} \text{ kN}$$

**C<sub>s</sub>**: Resultante de compresiones en el acero.

$$C_s : \underline{287.50} \text{ kN}$$

**T**: Resultante de tracciones en el acero.

$$T : \underline{21.92} \text{ kN}$$

**e<sub>cc</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cc,x} : \underline{58.17} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{29.35} \text{ mm}$$

**e<sub>cs</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cs,x} : \underline{121.22} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{46.40} \text{ mm}$$

**e<sub>T</sub>**: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_T : \underline{-206.00} \text{ mm}$$

**ε<sub>cmax</sub>**: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0035}$$

**ε<sub>smax</sub>**: Deformación de la barra de acero más traccionada.

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0005}$$

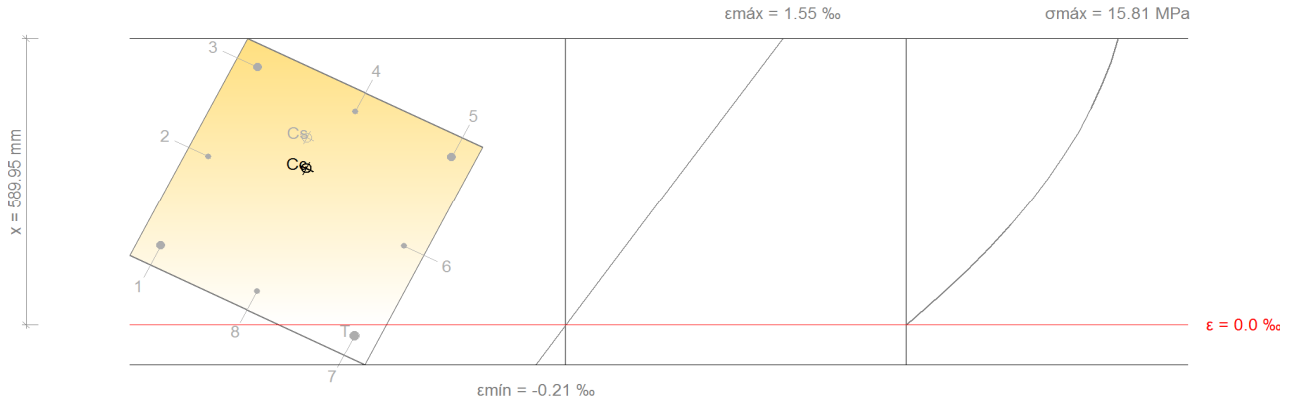
**σ<sub>cmax</sub>**: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\sigma_{cmax} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

**σ<sub>smax</sub>**: Tensión de la barra de acero más traccionada.

$$\sigma_{smax} : \underline{109.01} \text{ MPa}$$

**Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:**



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\sigma_s$ (MPa)	$\epsilon$
1	Ø16	-206.00	206.00	+85.28	+0.000426
2	Ø12	0.00	208.00	+182.39	+0.000912
3	Ø16	206.00	206.00	+278.57	+0.001393
4	Ø12	208.00	0.00	+231.10	+0.001156
5	Ø16	206.00	-206.00	+181.76	+0.000909
6	Ø12	0.00	-208.00	+84.64	+0.000423
7	Ø16	-206.00	-206.00	-11.53	-0.000058
8	Ø12	-208.00	0.00	+35.93	+0.000180

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
C <sub>c</sub>	2177.94	61.25	30.26
C <sub>s</sub>	170.10	118.31	57.86
T	2.32	-206.00	-206.00

$$N_{ed} = C_c + C_s - T$$

$$N_{ed} : \underline{2345.72} \text{ kN}$$

$$M_{ed,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{ed,x} : \underline{76.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ed,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{ed,y} : \underline{154.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**C<sub>c</sub>**: Resultante de compresiones en el hormigón.

$$C_c : \underline{2177.94} \text{ kN}$$

**C<sub>s</sub>**: Resultante de compresiones en el acero.

$$C_s : \underline{170.10} \text{ kN}$$

**T**: Resultante de tracciones en el acero.

$$T : \underline{2.32} \text{ kN}$$

**e<sub>cc</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cc,x} : \underline{61.25} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{30.26} \text{ mm}$$

**e<sub>cs</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cs,x} : \underline{118.31} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{57.86} \text{ mm}$$

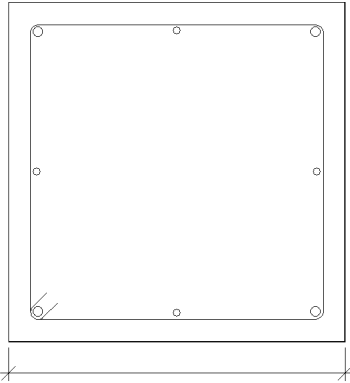
**e<sub>T</sub>**: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_T : \underline{-206.00} \text{ mm}$$

$\epsilon_{cmax}$ : Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.  
 $\epsilon_{smax}$ : Deformación de la barra de acero más traccionada.  
 $\sigma_{cmax}$ : Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.  
 $\sigma_{smax}$ : Tensión de la barra de acero más traccionada.

$\epsilon_{cmax}$  : 0.0015  
 $\epsilon_{smax}$  : 0.0001  
 $\sigma_{cmax}$  : 15.81 MPa  
 $\sigma_{smax}$  : 11.53 MPa

### 10.1.2.4 PILAR 4. TRAMO FORJADO (-3.5 – 0 m)

Datos del Pilar P4	
 <p style="text-align: center;">50</p>	Geometría
	Dimensiones : 50x50 cm
	Tramo : -3.500/0.000 m
	Altura libre : 2.60 m
	Recubrimiento geométrico : 3.0 cm
	Tamaño máximo de árido : 15 mm
Materiales	
Hormigón : HA-25, $Y_c=1.5$	Longitud de pandeo
Acero : B 500 S, $Y_s=1.15$	Plano ZX : 3.00 m
	Plano ZY : 3.00 m
Armadura longitudinal	
Esquina : 4Ø16	Armadura transversal
Cara X : 2Ø12	Estribos : 1eØ6
Cara Y : 2Ø12	Separación : 6 - 15 - 10 cm
Cuantía : 0.50 %	

#### Disposiciones relativas a las armaduras (EHE-08, Artículos 42.3, 54 y 69.4.1.1)

##### Dimensiones mínimas

La dimensión mínima del soporte ( $b_{min}$ ) debe cumplir la siguiente condición (Artículo 54):

$$b_{min} \geq 250 \text{ mm}$$

$$500.00 \text{ mm} \geq 250.00 \text{ mm} \quad \checkmark$$

##### Armadura longitudinal

La distancia libre  $d_l$ , horizontal y vertical, entre dos barras aisladas consecutivas debe ser igual o superior a  $s_{min}$  (Artículo 69.4.1.1):

$$d_l \geq s_{min}$$

$$192 \text{ mm} \geq 20 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

$s_{min}$ : Valor máximo de  $s_1$ ,  $s_2$ ,  $s_3$ .

$$s_{min} : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_1 = 20 \text{ mm}$$

$$s_1 : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_2 = 1.25 \cdot d_a$$

$$s_2 : \underline{19} \text{ mm}$$

$$s_3 = \varnothing_{max}$$

$$s_3 : \underline{16} \text{ mm}$$

Siendo:

**d<sub>a</sub>**: Tamaño máximo del árido.

**d<sub>a</sub>** : 15 mm

**Ø<sub>max</sub>**: Diámetro de la barra comprimida más gruesa.

**Ø<sub>max</sub>** : 16 mm

La separación entre dos barras consecutivas de la armadura principal debe ser de 350 mm como máximo (Artículo 54):

$$s \leq 350 \text{ mm}$$

**206 mm ≤ 350 mm** ✓

El diámetro de la barra comprimida más delgada no será inferior a 12 mm (Artículo 54):

$$\varnothing \geq 12 \text{ mm}$$

**12 mm ≥ 12 mm** ✓

### Estribos

La distancia libre  $d_l$ , horizontal y vertical, entre dos barras aisladas consecutivas debe ser igual o superior a  $s_{min}$  (Artículo 69.4.1.1):

$$d_l \geq s_{min}$$

**54 mm ≥ 20 mm** ✓

Donde:

**s<sub>min</sub>**: Valor máximo de  $s_1, s_2, s_3$ .

**s<sub>min</sub>** : 20 mm

$$s_1 = 20 \text{ mm}$$

**s<sub>1</sub>** : 20 mm

$$s_2 = 1.25 \cdot d_a$$

**s<sub>2</sub>** : 19 mm

$$s_3 = \varnothing_{max}$$

**s<sub>3</sub>** : 6 mm

Siendo:

**d<sub>a</sub>**: Tamaño máximo del árido.

**d<sub>a</sub>** : 15 mm

**Ø<sub>max</sub>**: Diámetro de la barra más gruesa de la armadura transversal.

**Ø<sub>max</sub>** : 6 mm

Para poder tener en cuenta las armaduras pasivas en compresión, es necesario que vayan sujetas por cercos o estribos cuya separación  $s_t$  y diámetro  $\varnothing_t$  cumplan (Artículo 42.3.1):

$$s_t \leq 15 \cdot \varnothing_{min} \nlessgtr 300 \text{ mm}$$

**60 mm ≤ 180 mm** ✓

$$s_t \leq b_{min}$$

**60 mm ≤ 500 mm** ✓

Donde:

**Ø<sub>min</sub>**: Diámetro de la barra comprimida más delgada.

**Ø<sub>min</sub>** : 12 mm

**b<sub>min</sub>**: Dimensión mínima de la sección.

**b<sub>min</sub>** : 500.00 mm

$$\varnothing_t \geq 1/4 \cdot \varnothing_{max}$$

**6 mm ≥ 4 mm** ✓

Donde:

**Ø<sub>max</sub>**: Diámetro de la barra comprimida más gruesa.

**Ø<sub>max</sub>** : 16 mm

**Armadura mínima y máxima** (EHE-08, Artículo 42.3)

**Cuantía geométrica mínima de armadura principal (Artículo 42.3.5)**

La cuantía geométrica de armadura principal  $\rho_l$  en pilares con barras de acero  $f_{yk}=500.00$  MPa debe cumplir:

$$\rho_l \geq 0.004$$

$$0.0050 \geq 0.0040$$



**Armadura longitudinal mínima para secciones en compresión simple o compuesta (Artículo 42.3.3)**

En secciones sometidas a compresión simple o compuesta, las armaduras principales deben cumplir la siguiente limitación:

$$A'_s \cdot f_{yc,d} \geq 0.1 \cdot N_d$$

$$502.66 \text{ kN} \geq 234.93 \text{ kN}$$



Donde:

**A's**: Área total de la armadura comprimida.

$$A'_s : \frac{12.57}{\text{cm}^2}$$

**f<sub>yc,d</sub>**: Resistencia de cálculo del acero a compresión.

$$f_{yc,d} : \frac{400.00}{\text{MPa}}$$

$$f_{yc,d} = f_{yd} \geq 400 \text{ N/mm}^2$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \frac{2349.32}{\text{kN}}$$

**Armadura longitudinal máxima para secciones en compresión simple o compuesta (Artículo 42.3.3)**

En secciones sometidas a compresión simple o compuesta, las armaduras principales deben cumplir la siguiente limitación:

$$A'_s \cdot f_{yc,d} \leq f_{cd} \cdot A_c$$

$$502.66 \text{ kN} \leq 4166.67 \text{ kN}$$



Donde:

**A's**: Área total de la armadura comprimida.

$$A'_s : \frac{12.57}{\text{cm}^2}$$

**f<sub>yc,d</sub>**: Resistencia de cálculo del acero a compresión.

$$f_{yc,d} : \frac{400.00}{\text{MPa}}$$

$$f_{yc,d} = f_{yd} \geq 400 \text{ N/mm}^2$$

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \frac{16.67}{\text{MPa}}$$

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \frac{2500.00}{\text{cm}^2}$$

**Estado límite de agotamiento frente a cortante (EHE-08, Artículo 44)**

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\left(\frac{V_{rd1,x}}{V_{u1,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_{rd1,y}}{V_{u1,y}}\right)^2} \leq 1$$

$$\eta : 0.044$$



Donde:

**V<sub>rd1</sub>**: Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$$V_{rd1,x} : \frac{46.99}{\text{kN}}$$

$$V_{rd1,y} : \frac{26.26}{\text{kN}}$$

**V<sub>u1</sub>**: Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.

$$V_{u1} : \frac{1229.55}{\text{kN}}$$

$$\eta_2 = \sqrt{\left(\frac{V_{rd2,x}}{V_{u2,x}}\right)^2 + \left(\frac{V_{rd2,y}}{V_{u2,y}}\right)^2} \leq 1$$

$$\eta : 0.209$$



Donde:

**V<sub>rd2</sub>**: Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$$V_{rd2,x} : 46.99 \text{ kN}$$

$$V_{rd2,y} : 26.26 \text{ kN}$$

$$V_{u2} : 257.81 \text{ kN}$$

**V<sub>u2</sub>**: Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa.

**Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.**

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma se deduce de la siguiente expresión:

Cortante en la dirección X:

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

$$V_{u1} : 1229.55 \text{ kN}$$

Donde:

**K**: Coeficiente que depende del esfuerzo axil.

$$K : 1.25$$

$$0.25 \cdot f_{cd} < \sigma'_{cd} \leq 0.50 \cdot f_{cd} \rightarrow K = 1.25$$

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : 16.67 \text{ MPa}$$

**σ'<sub>cd</sub>**: Tensión axil efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

$$\sigma'_{cd} : 7.21 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : 2349.32 \text{ kN}$$

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : 2500.00 \text{ cm}^2$$

**A'<sub>s</sub>**: Área total de la armadura comprimida.

$$A'_s : 12.57 \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 434.78 \text{ MPa}$$

**f<sub>1cd</sub>**: Resistencia a compresión del hormigón

$$f_{1cd} : 10.00 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{1cd} = 0.60 \cdot f_{cd}$$

**f<sub>ck</sub>**: Resistencia característica del hormigón.

$$f_{ck} : 25.00 \text{ MPa}$$

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : 16.67 \text{ MPa}$$

**b<sub>0</sub>**: Anchura neta mínima del elemento.

$$b_0 : 500.00 \text{ mm}$$

**d**: Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.

$$d : 393.46 \text{ mm}$$

**α**: Ángulo de los estribos con el eje de la pieza.

$$\alpha : 90.0 \text{ grados}$$

**θ**: Ángulo entre la biela de compresión de hormigón y el eje de la pieza.

$$\theta : 45.0 \text{ grados}$$

Cortante en la dirección Y:

$$V_{u1} = K \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

$$V_{u1} : 1229.55 \text{ kN}$$

Donde:

**K**: Coeficiente que depende del esfuerzo axil.

$$K : 1.25$$

$$0.25 \cdot f_{cd} < \sigma'_{cd} \leq 0.50 \cdot f_{cd} \rightarrow K = 1.25$$

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : 16.67 \text{ MPa}$$

**σ'<sub>cd</sub>**: Tensión axil efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.

$$\sigma'_{cd} : 7.21 \text{ MPa}$$



$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A'_s \cdot f_{yd}}{A_c}$	
<b>N<sub>d</sub></b> : Esfuerzo normal de cálculo.	<b>N<sub>d</sub></b> : <u>2349.32</u> kN
<b>A<sub>c</sub></b> : Área total de la sección de hormigón.	<b>A<sub>c</sub></b> : <u>2500.00</u> cm <sup>2</sup>
<b>A'<sub>s</sub></b> : Área total de la armadura comprimida.	<b>A'<sub>s</sub></b> : <u>12.57</u> cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> : <u>434.78</u> MPa
<b>f<sub>1cd</sub></b> : Resistencia a compresión del hormigón	<b>f<sub>1cd</sub></b> : <u>10.00</u> MPa
$f_{ck} \leq 60 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_{1cd} = 0.60 \cdot f_{cd}$	
<b>f<sub>ck</sub></b> : Resistencia característica del hormigón.	<b>f<sub>ck</sub></b> : <u>25.00</u> MPa
<b>f<sub>cd</sub></b> : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.	<b>f<sub>cd</sub></b> : <u>16.67</u> MPa
<b>b<sub>o</sub></b> : Anchura neta mínima del elemento.	<b>b<sub>o</sub></b> : <u>500.00</u> mm
<b>d</b> : Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.	<b>d</b> : <u>393.46</u> mm
<b>α</b> : Ángulo de los estribos con el eje de la pieza.	<b>α</b> : <u>90.0</u> grados
<b>θ</b> : Ángulo entre la biela de compresión de hormigón y el eje de la pieza.	<b>θ</b> : <u>45.0</u> grados

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa.

**Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.**

Cortante en la dirección X:

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma en piezas sin armadura de cortante se obtiene como:

$$V_{u2} = \left[ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{cv})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_o \cdot d$$

**V<sub>u2</sub>** : 232.96 kN

con un valor mínimo de:

$$V_{u2,min} = \left[ \frac{0.075}{\gamma_c} \cdot \xi^{3/2} \cdot f_{cv}^{1/2} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_o \cdot d$$

**V<sub>u2,min</sub>** : 257.81 kN

Donde:

<b>b<sub>o</sub></b> : Anchura neta mínima del elemento.	<b>b<sub>o</sub></b> : <u>500.00</u> mm
<b>d</b> : Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.	<b>d</b> : <u>393.46</u> mm
<b>γ<sub>c</sub></b> : Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón.	<b>γ<sub>c</sub></b> : <u>1.5</u>
<b>ξ</b> : Coeficiente que depende del canto útil 'd'.	<b>ξ</b> : <u>1.71</u>

$$\xi = \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) \leq 2$$

**f<sub>cv</sub>**: Resistencia efectiva del hormigón a cortante en N/mm<sup>2</sup>. **f<sub>cv</sub>** : 25.00 MPa

$$f_{cv} = f_{ck} \nlessgtr 60 \text{ N/mm}^2$$

**f<sub>ck</sub>**: Resistencia característica del hormigón. **f<sub>ck</sub>** : 25.00 MPa

**σ'<sub>cd</sub>**: Tensión axial efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras. **σ'<sub>cd</sub>** : 5.00 MPa

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d}{A_c} < 0.30 \cdot f_{cd} \nlessgtr 12 \text{ MPa}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo. **N<sub>d</sub>** : 2349.32 kN

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón. **A<sub>c</sub>** : 2500.00 cm<sup>2</sup>

**$f_{cd}$** : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.  **$f_{cd}$** : 16.67 MPa  
 **$\rho_l$** : Cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción.  **$\rho_l$** : 0.0038

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_0 \cdot d} \leq 0.02$$

**$A_s$** : Área de la armadura longitudinal principal de tracción.  **$A_s$** : 7.41 cm<sup>2</sup>

Cortante en la dirección Y:

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma en piezas sin armadura de cortante se obtiene como:

$$V_{u2} = \left[ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{cv})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d \quad \mathbf{V_{u2}} : \underline{232.96} \text{ kN}$$

con un valor mínimo de:

$$V_{u2,min} = \left[ \frac{0.075}{\gamma_c} \cdot \xi^{3/2} \cdot f_{cv}^{1/2} + 0.15 \cdot \sigma'_{cd} \right] \cdot b_0 \cdot d \quad \mathbf{V_{u2,min}} : \underline{257.81} \text{ kN}$$

Donde:

**$b_0$** : Anchura neta mínima del elemento.  **$b_0$** : 500.00 mm

**$d$** : Canto útil de la sección en mm referido a la armadura longitudinal de flexión.  **$d$** : 393.46 mm

**$\gamma_c$** : Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón.  **$\gamma_c$** : 1.5

**$\xi$** : Coeficiente que depende del canto útil 'd'.  **$\xi$** : 1.71

$$\xi = \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) \leq 2$$

**$f_{cv}$** : Resistencia efectiva del hormigón a cortante en N/mm<sup>2</sup>.  **$f_{cv}$** : 25.00 MPa

$$f_{cv} = f_{ck} \geq 60 \text{ N/mm}^2$$

**$f_{ck}$** : Resistencia característica del hormigón.  **$f_{ck}$** : 25.00 MPa

**$\sigma'_{cd}$** : Tensión axial efectiva en el hormigón (compresión positiva), calculada teniendo en cuenta la compresión absorbida por las armaduras.  **$\sigma'_{cd}$** : 5.00 MPa

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d}{A_c} < 0.30 \cdot f_{cd} \geq 12 \text{ MPa}$$

**$N_d$** : Esfuerzo normal de cálculo.  **$N_d$** : 2349.32 kN

**$A_c$** : Área total de la sección de hormigón.  **$A_c$** : 2500.00 cm<sup>2</sup>

**$f_{cd}$** : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.  **$f_{cd}$** : 16.67 MPa

**$\rho_l$** : Cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción.  **$\rho_l$** : 0.0038

$$\rho_l = \frac{A_s}{b_0 \cdot d} \leq 0.02$$

**$A_s$** : Área de la armadura longitudinal principal de tracción.  **$A_s$** : 7.41 cm<sup>2</sup>

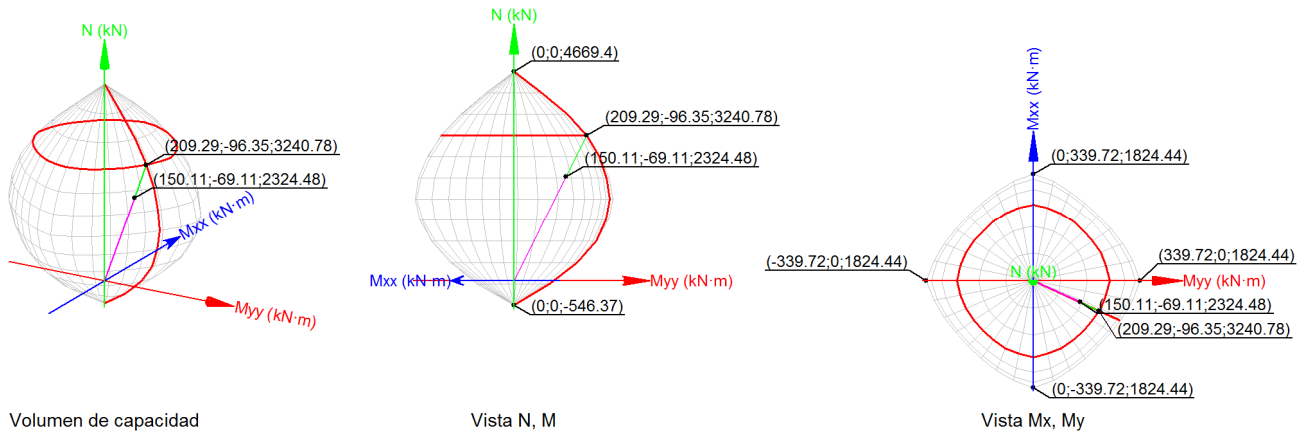
**Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales** (EHE-08, Artículo 42)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en '-2.9 m', para la combinación de hipótesis "1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa".

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{N_{ed}^2 + M_{ed,x}^2 + M_{ed,y}^2}{N_{Rd}^2 + M_{Rd,x}^2 + M_{Rd,y}^2}} \leq 1$$

$\eta : \mathbf{0.717}$  ✓



**Comprobación de resistencia de la sección ( $\eta_1$ )**

$N_{ed}, M_{ed}$  son los esfuerzos de cálculo de primer orden, incluyendo, en su caso, la excentricidad mínima según 42.2.1:

**$N_{ed}$** : Esfuerzo normal de cálculo.

**$M_{ed}$** : Momento de cálculo de primer orden.

**$N_{ed}$**  : 2324.48 kN  
 **$M_{ed,x}$**  : -69.11 kN·m  
 **$M_{ed,y}$**  : 150.11 kN·m

$N_{Rd}, M_{Rd}$  son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

**$N_{Rd}$** : Axil de agotamiento.

**$M_{Rd}$** : Momentos de agotamiento.

**$N_{Rd}$**  : 3240.78 kN  
 **$M_{Rd,x}$**  : -96.35 kN·m  
 **$M_{Rd,y}$**  : 209.29 kN·m

Donde:

$N_{ed} = N_d$

$M_{ed} = N_d \cdot e_e$

Siendo:

**$e_e$** : Excentricidad de primer orden. Se calcula teniendo en cuenta la excentricidad mínima  $e_{min}$  según el artículo 42.2.1.

**$e_{e,x}$**  : 64.58 mm

**$e_{e,y}$**  : -29.73 mm

En este caso, las excentricidades  $e_{0,x}$  y  $e_{0,y}$  son superiores a la mínima.

$e_{e,x} = e_{0,x}$

$e_{e,y} = e_{0,y}$

Donde:

**En el eje x:**

$$e_{\min} = h/20 \nless 2 \text{ cm} \qquad e_{\min} : \underline{25.00} \text{ mm}$$

**h**: Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

$$h : \underline{500.00} \text{ mm}$$

$$e_0 = \frac{M_d}{N_d}$$

$$e_0 : \underline{-29.73} \text{ mm}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento de cálculo de primer orden.

$$M_d : \underline{-69.11} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{2324.48} \text{ kN}$$

**En el eje y:**

$$e_{\min} = h/20 \nless 2 \text{ cm} \qquad e_{\min} : \underline{25.00} \text{ mm}$$

**h**: Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

$$h : \underline{500.00} \text{ mm}$$

$$e_0 = \frac{M_d}{N_d}$$

$$e_0 : \underline{64.58} \text{ mm}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento de cálculo de primer orden.

$$M_d : \underline{150.11} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**N<sub>d</sub>**: Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{2324.48} \text{ kN}$$

### Comprobación del estado límite de inestabilidad

**En el eje x:**

Los efectos de segundo orden pueden ser despreciados, ya que la esbeltez mecánica del soporte  $\lambda$  es menor que la esbeltez límite inferior  $\lambda_{\text{inf}}$  indicada en 43.1.2.

$$\lambda = \frac{l_0}{i_c} = \frac{l_0}{\sqrt{I/A_c}}$$

$$\lambda : \underline{20.78}$$

Donde:

**l<sub>0</sub>**: Longitud de pandeo.

$$l_0 : \underline{3.000} \text{ m}$$

**i<sub>c</sub>**: Radio de giro de la sección de hormigón.

$$i_c : \underline{14.43} \text{ cm}$$

**A<sub>c</sub>**: Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{2500.00} \text{ cm}^2$$

**I**: Inercia.

$$I : \underline{520833.33} \text{ cm}^4$$

$$\lambda_{\text{inf}} = 35 \cdot \sqrt{\frac{C}{v} \cdot \left[ 1 + \frac{0.24}{e_2/h} + 3.4 \cdot \left( \frac{e_1}{e_2} - 1 \right)^2 \right]} \nless 100$$

$$\lambda_{\text{inf}} : \underline{52.56}$$

Donde:

**e<sub>2</sub>**: Excentricidad de primer orden correspondiente al mayor momento, considerada positiva.

$$e_2 : \underline{25.00} \text{ mm}$$

**e<sub>1</sub>**: En estructuras traslacionales es igual a e<sub>2</sub>.

$$e_1 : \underline{25.00} \text{ mm}$$

**h**: Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

$$h : \underline{500.00} \text{ mm}$$

**C**: Coeficiente que depende de la disposición de armaduras.

$$C : \underline{0.22}$$

$v$ : Axil adimensional o reducido de cálculo que solicita el soporte.

$$v : \underline{0.56}$$

$$v = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}}$$

**$N_d$** : Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{2324.48} \text{ kN}$$

**$f_{cd}$** : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

**$A_c$** : Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{2500.00} \text{ cm}^2$$

### En el eje $y$ :

Los efectos de segundo orden pueden ser despreciados, ya que la esbeltez mecánica del soporte  $\lambda$  es menor que la esbeltez límite inferior  $\lambda_{inf}$  indicada en 43.1.2.

$$\lambda = \frac{l_0}{i_c} = \frac{l_0}{\sqrt{I/A_c}}$$

$$\lambda : \underline{20.78}$$

Donde:

**$l_0$** : Longitud de pandeo.

$$l_0 : \underline{3.000} \text{ m}$$

**$i_c$** : Radio de giro de la sección de hormigón.

$$i_c : \underline{14.43} \text{ cm}$$

**$A_c$** : Área total de la sección de hormigón.

$$A_c : \underline{2500.00} \text{ cm}^2$$

**$I$** : Inercia.

$$I : \underline{520833.33} \text{ cm}^4$$

$$\lambda_{inf} = 35 \cdot \sqrt{\frac{C}{v} \cdot \left[ 1 + \frac{0.24}{e_2/h} + 3.4 \cdot \left( \frac{e_1}{e_2} - 1 \right)^2 \right]} \geq 100$$

$$\lambda_{inf} : \underline{36.90}$$

Donde:

**$e_2$** : Excentricidad de primer orden correspondiente al mayor momento, considerada positiva.

$$e_2 : \underline{64.58} \text{ mm}$$

**$e_1$** : En estructuras traslacionales es igual a  $e_2$ .

$$e_1 : \underline{64.58} \text{ mm}$$

**$h$** : Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

$$h : \underline{500.00} \text{ mm}$$

**$C$** : Coeficiente que depende de la disposición de armaduras.

$$C : \underline{0.22}$$

**$v$** : Axil adimensional o reducido de cálculo que solicita el soporte.

$$v : \underline{0.56}$$

$$v = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}}$$

**$N_d$** : Esfuerzo normal de cálculo.

$$N_d : \underline{2324.48} \text{ kN}$$

**$f_{cd}$** : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

**$A_c$** : Área total de la sección de hormigón.

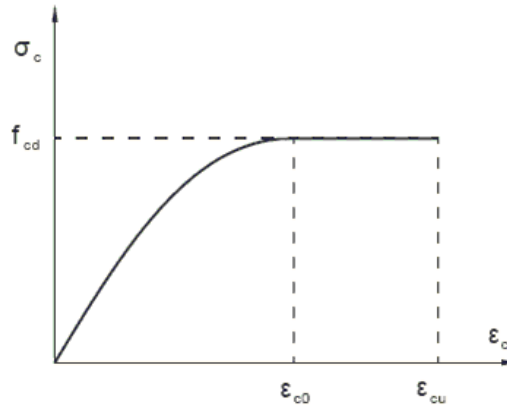
$$A_c : \underline{2500.00} \text{ cm}^2$$

### Cálculo de la capacidad resistente

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones se efectúa a partir de las hipótesis generales siguientes (Artículo 42.1):

- El agotamiento se caracteriza por el valor de la deformación en determinadas fibras de la sección, definidas por los dominios de deformación de agotamiento.
- Las deformaciones del hormigón siguen una ley plana.

- (c) Las deformaciones  $\epsilon_s$  de las armaduras pasivas se mantienen iguales a las del hormigón que las envuelve.
- (d) Diagramas de cálculo.
- (i) El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es del tipo parábola rectángulo. No se considera la resistencia del hormigón a tracción.



$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$f_{cd} : \underline{16.67 \text{ MPa}}$

$\epsilon_{cd}$ : Deformación de rotura del hormigón en compresión simple.

$\epsilon_{cd} : \underline{0.0020}$

$\epsilon_{cu}$ : Deformación de rotura del hormigón en flexión.

$\epsilon_{cu} : \underline{0.0035}$

Se considera como resistencia de cálculo del hormigón en compresión el valor:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$\alpha_{cc}$ : Factor que tiene en cuenta el cansancio del hormigón cuando está sometido a altos niveles de tensión de compresión debido a cargas de larga duración.

$\alpha_{cc} : \underline{1.00}$

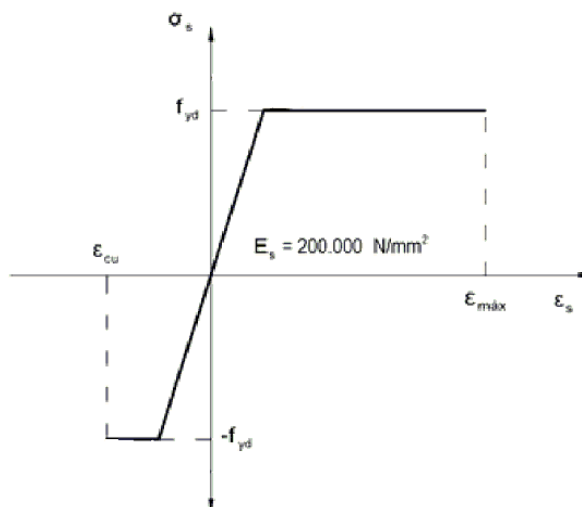
$f_{ck}$ : Resistencia característica del hormigón.

$f_{ck} : \underline{25.00 \text{ MPa}}$

$\gamma_c$ : Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón.

$\gamma_c : \underline{1.5}$

- (ii) Se adopta el siguiente diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas.



$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$\epsilon_{max}$ : Deformación máxima del acero en tracción.

$\epsilon_{cu}$ : Deformación de rotura del hormigón en flexión.

Se considera como resistencia de cálculo del acero el valor:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

$f_{yk}$ : Resistencia característica de proyecto

$\gamma_s$ : Coeficiente parcial de seguridad.

$$f_{yd} : \underline{434.78 \text{ MPa}}$$

$$\epsilon_{max} : \underline{0.0100}$$

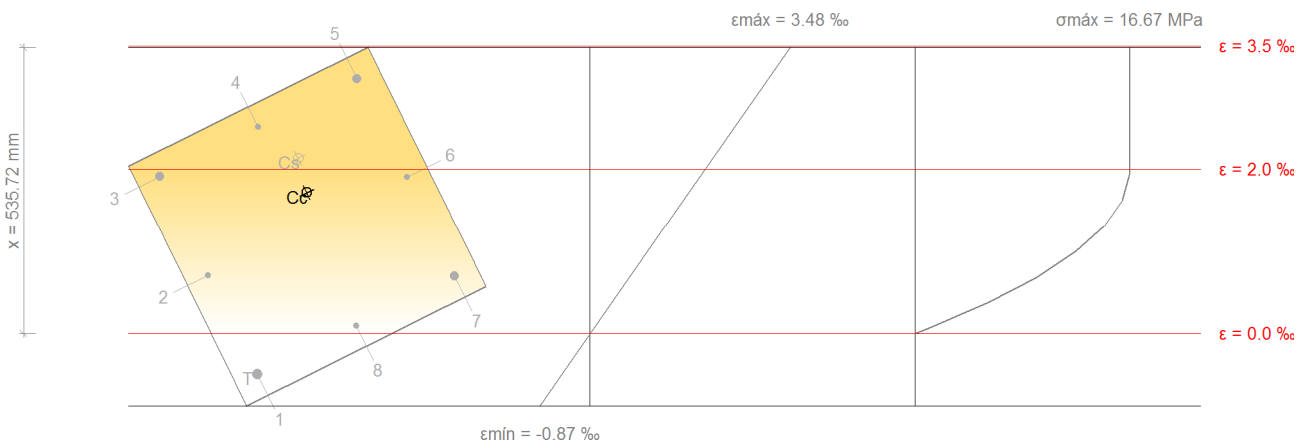
$$\epsilon_{cu} : \underline{0.0035}$$

$$f_{yk} : \underline{500.00 \text{ MPa}}$$

$$\gamma_s : \underline{1.15}$$

(e) Se aplican a las resultantes de tensiones en la sección las ecuaciones generales de equilibrio de fuerzas y de momentos.

**Equilibrio de la sección para los esfuerzos de agotamiento, calculados con las mismas excentricidades que los esfuerzos de cálculo pésimos:**



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	$\sigma_s$ (MPa)	$\epsilon$
1	Ø16	-206.00	206.00	-97.67	-0.000488
2	Ø12	0.00	208.00	+141.28	+0.000706
3	Ø16	206.00	206.00	+382.53	+0.001913
4	Ø12	208.00	0.00	+400.00	+0.002518
5	Ø16	206.00	-206.00	+400.00	+0.003099
6	Ø12	0.00	-208.00	+380.92	+0.001905
7	Ø16	-206.00	-206.00	+139.67	+0.000698
8	Ø12	-208.00	0.00	+18.67	+0.000093

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
Cc	2968.59	57.15	-27.00
Cs	291.83	121.98	-41.62
T	19.64	-206.00	206.00

$$N_{Rd} = C_c + C_s - T$$

$$N_{Rd} : \underline{3240.78 \text{ kN}}$$



$$M_{Rd,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{Rd,y} : 209.29 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**C<sub>c</sub>**: Resultante de compresiones en el hormigón.

$$C_c : 2968.59 \text{ kN}$$

**C<sub>s</sub>**: Resultante de compresiones en el acero.

$$C_s : 291.83 \text{ kN}$$

**T**: Resultante de tracciones en el acero.

$$T : 19.64 \text{ kN}$$

**e<sub>cc</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cc,x} : 57.15 \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : -27.00 \text{ mm}$$

**e<sub>cs</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cs,x} : 121.98 \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : -41.62 \text{ mm}$$

**e<sub>T</sub>**: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{T,x} : -206.00 \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : 206.00 \text{ mm}$$

**ε<sub>cmax</sub>**: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\epsilon_{cmax} : 0.0035$$

**ε<sub>smax</sub>**: Deformación de la barra de acero más traccionada.

$$\epsilon_{smax} : 0.0005$$

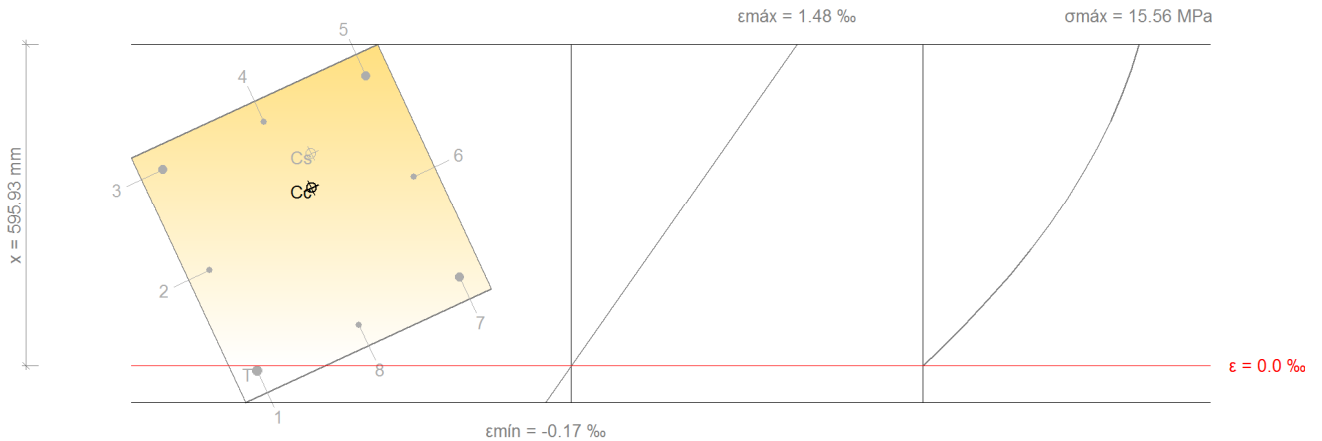
**σ<sub>cmax</sub>**: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\sigma_{cmax} : 16.67 \text{ MPa}$$

**σ<sub>smax</sub>**: Tensión de la barra de acero más traccionada.

$$\sigma_{smax} : 97.67 \text{ MPa}$$

**Equilibrio de la sección para los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos:**



Barra	Designación	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	σ <sub>s</sub> (MPa)	ε
1	Ø16	-206.00	206.00	-4.84	-0.000024
2	Ø12	0.00	208.00	+87.79	+0.000439
3	Ø16	206.00	206.00	+181.25	+0.000906
4	Ø12	208.00	0.00	+225.36	+0.001127
5	Ø16	206.00	-206.00	+267.66	+0.001338
6	Ø12	0.00	-208.00	+175.04	+0.000875
7	Ø16	-206.00	-206.00	+81.57	+0.000408
8	Ø12	-208.00	0.00	+37.47	+0.000187

	<b>Resultante (kN)</b>	<b>e.x (mm)</b>	<b>e.y (mm)</b>
Cc	2159.35	60.33	-27.74
Cs	166.11	118.20	-54.24
T	0.97	-206.00	206.00

$$N_{ed} = C_c + C_s - T$$

$$N_{ed} : \underline{2324.48} \text{ kN}$$

$$M_{ed,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{ed,x} : \underline{-69.11} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ed,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

$$M_{ed,y} : \underline{150.11} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**C<sub>c</sub>**: Resultante de compresiones en el hormigón.

$$C_c : \underline{2159.35} \text{ kN}$$

**C<sub>s</sub>**: Resultante de compresiones en el acero.

$$C_s : \underline{166.11} \text{ kN}$$

**T**: Resultante de tracciones en el acero.

$$T : \underline{0.97} \text{ kN}$$

**e<sub>cc</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el hormigón en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cc,x} : \underline{60.33} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{-27.74} \text{ mm}$$

**e<sub>cs</sub>**: Excentricidad de la resultante de compresiones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{cs,x} : \underline{118.20} \text{ mm}$$

$$e_{cs,y} : \underline{-54.24} \text{ mm}$$

**e<sub>T</sub>**: Excentricidad de la resultante de tracciones en el acero en la dirección de los ejes X e Y.

$$e_{T,x} : \underline{-206.00} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{206.00} \text{ mm}$$

**ε<sub>cmax</sub>**: Deformación de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\epsilon_{cmax} : \underline{0.0015}$$

**ε<sub>smax</sub>**: Deformación de la barra de acero más traccionada.

$$\epsilon_{smax} : \underline{0.0000}$$

**σ<sub>cmax</sub>**: Tensión de la fibra más comprimida de hormigón.

$$\sigma_{cmax} : \underline{15.56} \text{ MPa}$$

**σ<sub>smax</sub>**: Tensión de la barra de acero más traccionada.

$$\sigma_{smax} : \underline{4.84} \text{ MPa}$$

**10.1.3 COMPROBACIONES ELU DE LOS PILARES**

Disp.: Disposiciones relativas a las armaduras

Arm.: Armadura mínima y máxima

Q: Estado límite de agotamiento frente a cortante

N,M: Estado límite de agotamiento frente a sollicitaciones normales

Pilar 1 (P1)															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Forjado (-3.5 - 0 m)	50x50	Cabeza	Cumple	Cumple	14.5	45.7	45.7	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	147.92	-4.98	-9.72	3.24	-1.98	Cumple
		-1 m	Cumple	Cumple	14.5	45.7	45.7	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	147.92	-4.98	-9.72	3.24	-1.98	Cumple
		-2.9 m	Cumple	Cumple	14.5	45.7	45.7	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	147.92	-4.98	-9.72	3.24	-1.98	Cumple
		Pie	Cumple	Cumple	14.5	36.1	36.1	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	150.45	0.94	0.01	3.24	-1.98	Cumple
Cimentación	50x50	Arranque	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	3.1	36.1	36.1	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	150.45	0.94	0.01	3.24	-1.98	Cumple

Notas:  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede  
<sup>(2)</sup> 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa

**Tabla 70. Comprobación ELU del Pilar 1. Fuente CypeCad**

Pilar 2 (P2)															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Forjado (-3.5 - 0 m)	50x50	Cabeza	Cumple	Cumple	14.3	46.6	46.6	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	149.62	5.32	-9.89	3.22	1.91	Cumple
		-1 m	Cumple	Cumple	14.3	46.6	46.6	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	149.62	5.32	-9.89	3.22	1.91	Cumple
		-2.9 m	Cumple	Cumple	14.3	46.6	46.6	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	149.62	5.32	-9.89	3.22	1.91	Cumple
		Pie	Cumple	Cumple	14.3	36.4	36.4	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	152.15	-0.42	-0.23	3.22	1.91	Cumple
Cimentación	50x50	Arranque	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	3.0	36.4	36.4	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	152.15	-0.42	-0.23	3.22	1.91	Cumple

Notas:  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede  
<sup>(2)</sup> 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa

**Tabla 71. Comprobación ELU del Pilar 2. Fuente CypeCad**

Pilar 3 (P3)															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Forjado (-3.5 - 0 m)	50x50	Cabeza	Cumple	Cumple	14.6	47.2	47.2	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	149.05	5.39	10.25	-3.27	1.98	Cumple
		-1 m	Cumple	Cumple	14.6	47.2	47.2	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	149.05	5.39	10.25	-3.27	1.98	Cumple
		-2.9 m	Cumple	Cumple	14.6	47.2	47.2	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	149.05	5.39	10.25	-3.27	1.98	Cumple
		Pie	Cumple	Cumple	14.6	36.3	36.3	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	151.59	-0.56	0.43	-3.27	1.98	Cumple
Cimentación	50x50	Arranque	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	3.1	36.3	36.3	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	151.59	-0.56	0.43	-3.27	1.98	Cumple

Pilar 3 (P3)															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Notas: <sup>(1)</sup> La comprobación no procede <sup>(2)</sup> 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa															

Tabla 72. Comprobación ELU del Pilar 3. Fuente CypeCad

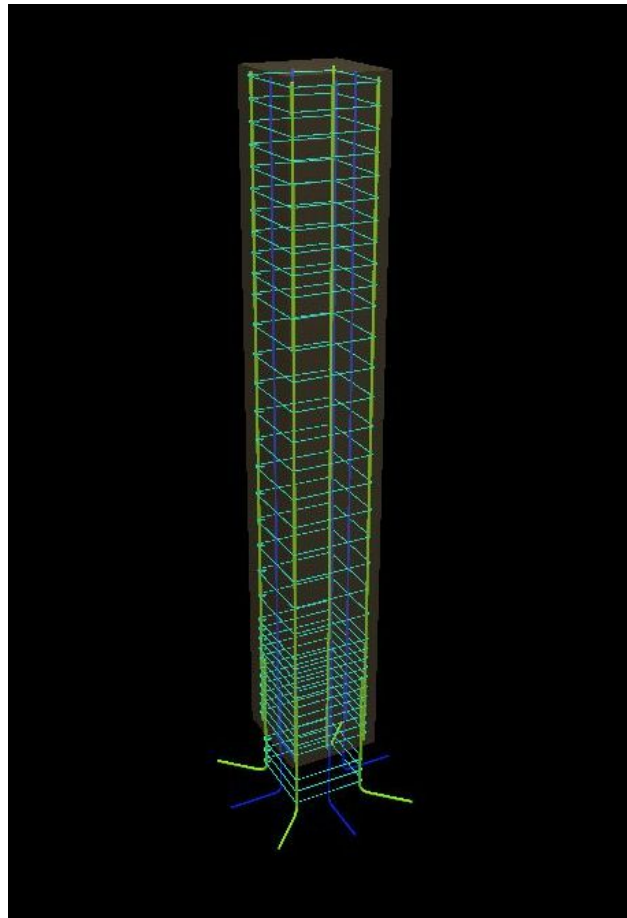
Pilar 4 (P4)															
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones					Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Forjado (-3.5 - 0 m)	50x50	Cabeza	Cumple	Cumple	14.2	46.0	46.0	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	147.63	-4.92	10.00	-3.19	-1.92	Cumple
		-1 m	Cumple	Cumple	14.2	46.0	46.0	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	147.63	-4.92	10.00	-3.19	-1.92	Cumple
		-2.9 m	Cumple	Cumple	14.2	46.0	46.0	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	147.63	-4.92	10.00	-3.19	-1.92	Cumple
		Pie	Cumple	Cumple	14.2	36.0	36.0	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	150.16	0.85	0.42	-3.19	-1.92	Cumple
Cimentación	50x50	Arranque	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	3.0	36.0	36.0	G, Q <sup>(2)</sup>	Q,N,M	150.16	0.85	0.42	-3.19	-1.92	Cumple
Notas: <sup>(1)</sup> La comprobación no procede <sup>(2)</sup> 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa															

Tabla 73. Comprobación ELU del Pilar 4. Fuente CypeCad

### 10.1.4 COMPROBACIÓN DEL ARMADO DE LOS PILARES

Armado de pilares												
Hormigón: HA-25, Yc=1.5												
Pilar	Planta	Geometría		Armaduras							Aprov. (%)	Estado
		Dimensiones (cm)	Tramo (m)	Barras			Estribos		Aprov. (%)			
				Esquina	Cara X	Cara Y	Cuantía (%)	Descripción <sup>(1)</sup>		Separación (cm)		
P1	Forjado	50x50	-3.50/-0.50	4Ø16	2Ø12	2Ø12	0.50	1eØ6	15	45.7	Cumple	
	Cimentación	-	-	4Ø16	2Ø12	2Ø12	0.50	1eØ6	-	36.1	Cumple	
P2	Forjado	50x50	-3.50/-0.50	4Ø16	2Ø12	2Ø12	0.50	1eØ6	15	46.6	Cumple	
	Cimentación	-	-	4Ø16	2Ø12	2Ø12	0.50	1eØ6	-	36.4	Cumple	
P3	Forjado	50x50	-3.50/-0.50	4Ø16	2Ø12	2Ø12	0.50	1eØ6	15	47.2	Cumple	
	Cimentación	-	-	4Ø16	2Ø12	2Ø12	0.50	1eØ6	-	36.3	Cumple	
P4	Forjado	50x50	-3.50/-0.50	4Ø16	2Ø12	2Ø12	0.50	1eØ6	15	46.0	Cumple	
	Cimentación	-	-	4Ø16	2Ø12	2Ø12	0.50	1eØ6	-	36.0	Cumple	
Notas: <sup>(1)</sup> e = estribo, r = rama												

Tabla 74. Comprobación del armado de los pilares. Fuente CypeCad



*Figura 53. Armado tipo de los pilares en 3D. Fuente CypeCad*

### 10.1.5 CONCLUSIONES

En base a los cálculos realizados, se llega a la determinación de que todos los pilares serán dimensionados con la misma geometría, de acuerdo con los resultados que reporta el programa CypeCad. Por lo tanto, será necesaria la ejecución de 16 pilares de hormigón armado prefabricado de dimensiones 0,50x0,50 metros.

## 10.2 REFUERZOS

Durante el proceso del cálculo de la estructura se detectó una advertencia por punzonamiento en la zona de encuentro de pilares con el forjado. A fin de evitar problemas por punzonamiento se optó por la utilización de refuerzos.

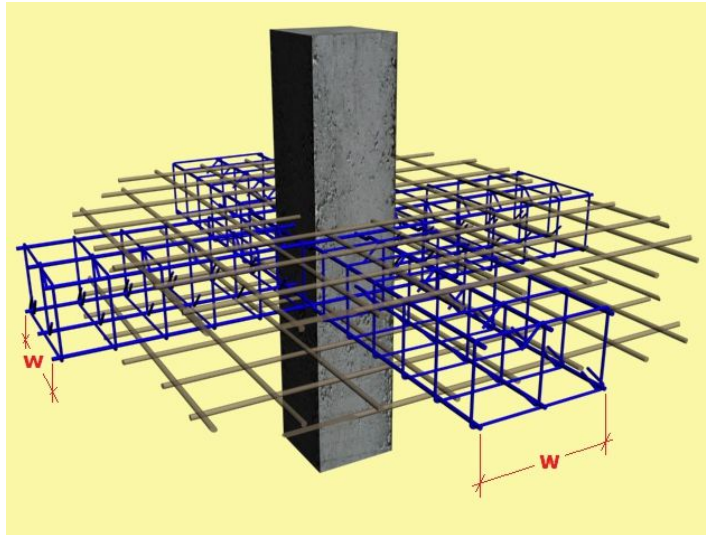


Figura 54. Refuerzo de punzonamiento tipo

Dichos refuerzos han sido dispuestos en los encuentros de pilares con forjado, así como, en zona de encuentro de pilares con la losa como se puede apreciar en los planos 4.1.14 “Refuerzos de Punzonamiento en Losa de Cimentación” y 4.3.3. “Refuerzos de Punzonamiento en Forjado Reticular” y se han realizado las comprobaciones por punzonamiento correspondientes mediante el programa Cype Cad.

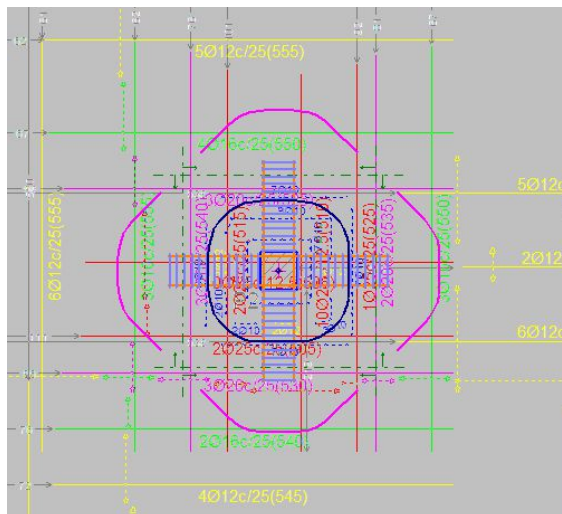
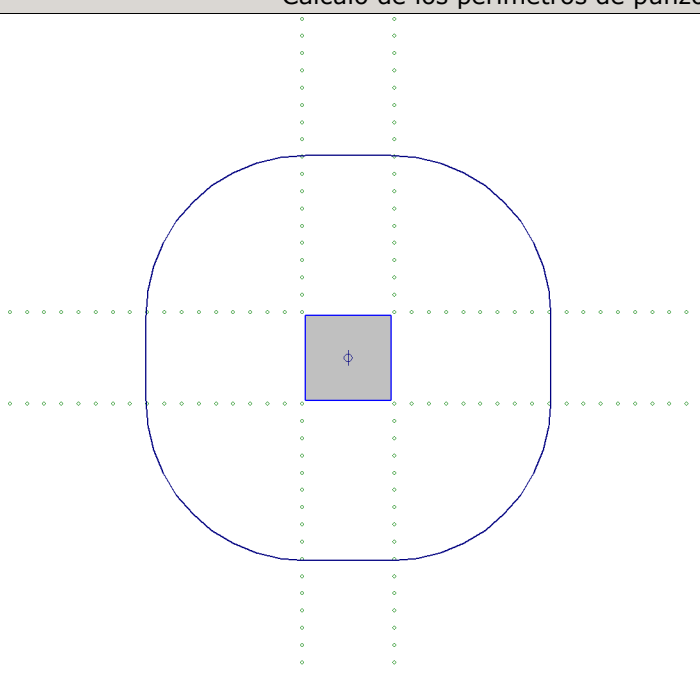


Figura 55. Refuerzos dispuestos. Fuente CypeCad

**10.2.1 COMPROBACIONES DE PUNZONAMIENTO**

Cálculo de los perímetros de punzonamiento	
	<b>Perímetro del soporte (P2)</b>
	U <sub>0</sub> : 2000 mm
	<b>Perímetro crítico</b>
	U <sub>1</sub> : 7837 mm
	X <sub>G</sub> : 4000 mm
	Y <sub>G</sub> : 13500 mm
W <sub>1x</sub> : 62132.7 cm <sup>2</sup>	
W <sub>1y</sub> : 62132.7 cm <sup>2</sup>	

**Zona adyacente al soporte o carga (Situaciones persistentes)**

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa.

Se debe satisfacer:

$$\tau_{sd} \leq \tau_{rd,max}$$

**1.70 N/mm<sup>2</sup> ≤ 5.00 N/mm<sup>2</sup> ✓**

Donde:

**τ<sub>sd</sub>**: Tensión tangencial nominal de cálculo en el perímetro crítico.

**τ<sub>sd</sub>** : 1.70 N/mm<sup>2</sup>

**τ<sub>rd,max</sub>**: Tensión máxima resistente a punzonamiento en el perímetro crítico.

**τ<sub>rd,max</sub>** : 5.00 N/mm<sup>2</sup>

La tensión tangencial nominal de cálculo en el perímetro crítico se obtiene mediante la siguiente expresión (EHE-08, 46.4.3):

$$\tau_{sd} = \frac{|\beta \cdot F_{sd}|}{u_0 \cdot d}$$

**τ<sub>sd</sub>** : 1.70 N/mm<sup>2</sup>

Donde:

**F<sub>sd</sub>**: Esfuerzo de punzonamiento de cálculo.

**F<sub>sd</sub>** : 1467.77 kN

**β**: Coeficiente que tiene en cuenta los efectos de la excentricidad de la carga. Según EHE-08, comentarios al artículo 46.3, alternativamente puede utilizarse cualquier procedimiento que permita una evaluación más precisa de τ<sub>sd</sub>, como el indicado en UNE-EN 1992-1-1:2010, 6.4.3.

**β** : 1.08



$$\beta = 1 + k_x \cdot \frac{|M_{xd}|}{|F_{sd}|} \cdot \frac{u_1}{W_{1x}} + k_y \cdot \frac{|M_{yd}|}{|F_{sd}|} \cdot \frac{u_1}{W_{1y}}$$

**k<sub>x</sub>**: Coeficiente que depende de la relación entre las dimensiones c<sub>y</sub> (dimensión en la dirección del eje y) y c<sub>x</sub> (dimensión en la dirección del eje x) del pilar (UNE-EN 1992-1-1:2010, Tabla 6.1).

**k<sub>x</sub>** : 0.60

**k<sub>y</sub>**: Coeficiente que depende de la relación entre las dimensiones c<sub>x</sub> (dimensión en la dirección del eje x) y c<sub>y</sub> (dimensión en la dirección del eje y) del pilar (UNE-EN 1992-1-1:2010, Tabla 6.1).

**k<sub>y</sub>** : 0.60

**M<sub>xd</sub>**: Momento de cálculo alrededor del eje x, respecto al centro de gravedad del perímetro crítico u<sub>1</sub>.

**M<sub>xd</sub>** : -52.23 kN·m

**M<sub>yd</sub>**: Momento de cálculo alrededor del eje y, respecto al centro de gravedad del perímetro crítico u<sub>1</sub>.

**M<sub>yd</sub>** : -97.04 kN·m

**M<sub>xdp</sub>**: Momento de cálculo alrededor del eje x, respecto al centro de gravedad del pilar.

**M<sub>xdp</sub>** : -52.23 kN·m

**M<sub>ydp</sub>**: Momento de cálculo alrededor del eje y, respecto al centro de gravedad del pilar.

**M<sub>ydp</sub>** : -97.04 kN·m

**u<sub>1</sub>**: Perímetro crítico de punzonamiento (EHE-08, 46.2).

**u<sub>1</sub>** : 7837 mm

$$W_{1x} = \int_0^{u_1} |e_y| \cdot dl$$

**W<sub>1x</sub>** : 62132.7 cm<sup>2</sup>

**dl**: Elemento diferencial de longitud del perímetro crítico.

**e<sub>y</sub>**: Distancia desde dl hasta el eje alrededor del cual actúa el momento M<sub>xd</sub>.

$$W_{1y} = \int_0^{u_1} |e_x| \cdot dl$$

**W<sub>1y</sub>** : 62132.7 cm<sup>2</sup>

**e<sub>x</sub>**: Distancia desde dl hasta el eje alrededor del cual actúa el momento M<sub>yd</sub>.

**u<sub>0</sub>**: Perímetro crítico de comprobación de la zona adyacente al soporte o carga (EHE-08, 46.4.3).

**u<sub>0</sub>** : 2000 mm

**d**: Canto útil de la losa.

**d** : 465 mm

La tensión máxima resistente a punzonamiento en el perímetro crítico se obtiene mediante la siguiente expresión (EHE-08, 46.4.3):

$$\tau_{rd,max} = 0.5 \cdot f_{1cd}$$

**τ<sub>rd,max</sub>** : 5.00 N/mm<sup>2</sup>

**f<sub>1cd</sub>**: Resistencia a compresión del hormigón

**f<sub>1cd</sub>** : 10.00 N/mm<sup>2</sup>

$$f_{1cd} = 0.60 \cdot f_{cd}$$

Donde:

**f<sub>ck</sub>**: Resistencia característica a compresión del hormigón.

**f<sub>ck</sub>** : 25.00 N/mm<sup>2</sup>

**f<sub>cd</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

**f<sub>cd</sub>** : 16.67 N/mm<sup>2</sup>

### Zona con armadura transversal de punzonamiento (Situaciones persistentes)

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa.

Se debe satisfacer:

$$\tau_{sd} \leq \tau_{rd,cs}$$

$$0.43 \text{ N/mm}^2 \leq 1.34 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark$$

Donde:

$\tau_{sd}$ : Tensión tangencial nominal de cálculo en el perímetro crítico.

$$\tau_{sd} : \underline{0.43} \text{ N/mm}^2$$

$\tau_{rd,cs}$ : Tensión máxima resistente de una losa con armadura de punzonamiento en el perímetro crítico.

$$\tau_{rd,cs} : \underline{1.34} \text{ N/mm}^2$$

La tensión tangencial nominal de cálculo en el perímetro crítico se obtiene mediante la siguiente expresión (EHE-08, 46.3):

$$\tau_{sd} = \frac{|\beta \cdot F_{sd}|}{u_1 \cdot d}$$

$$\tau_{sd} : \underline{0.43} \text{ N/mm}^2$$

Donde:

$F_{sd}$ : Esfuerzo de punzonamiento de cálculo.

$$F_{sd} : \underline{1467.77} \text{ kN}$$

$\beta$ : Coeficiente que tiene en cuenta los efectos de la excentricidad de la carga. Según EHE-08, comentarios al artículo 46.3, alternativamente puede utilizarse cualquier procedimiento que permita una evaluación más precisa de  $\tau_{sd}$ , como el indicado en UNE-EN 1992-1-1:2010, 6.4.3.

$$\beta : \underline{1.08}$$

$$\beta = 1 + k_x \cdot \frac{|M_{xd}|}{|F_{sd}|} \cdot \frac{u_1}{W_{1x}} + k_y \cdot \frac{|M_{yd}|}{|F_{sd}|} \cdot \frac{u_1}{W_{1y}}$$

$k_x$ : Coeficiente que depende de la relación entre las dimensiones  $c_y$  (dimensión en la dirección del eje y) y  $c_x$  (dimensión en la dirección del eje x) del pilar (UNE-EN 1992-1-1:2010, Tabla 6.1).

$$k_x : \underline{0.60}$$

$k_y$ : Coeficiente que depende de la relación entre las dimensiones  $c_x$  (dimensión en la dirección del eje x) y  $c_y$  (dimensión en la dirección del eje y) del pilar (UNE-EN 1992-1-1:2010, Tabla 6.1).

$$k_y : \underline{0.60}$$

$M_{xd}$ : Momento de cálculo alrededor del eje x, respecto al centro de gravedad del perímetro crítico  $u_1$ .

$$M_{xd} : \underline{-52.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{yd}$ : Momento de cálculo alrededor del eje y, respecto al centro de gravedad del perímetro crítico  $u_1$ .

$$M_{yd} : \underline{-97.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{xdp}$ : Momento de cálculo alrededor del eje x, respecto al centro de gravedad del pilar.

$$M_{xdp} : \underline{-52.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{ydp}$ : Momento de cálculo alrededor del eje y, respecto al centro de gravedad del pilar.

$$M_{ydp} : \underline{-97.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$u_1$ : Perímetro crítico de punzonamiento (EHE-08, 46.2).

$$u_1 : \underline{7837} \text{ mm}$$

$$W_{1x} = \int_0^{u_1} |e_y| \cdot dl$$

$$W_{1x} : \underline{62132.7} \text{ cm}^2$$

$dl$ : Elemento diferencial de longitud del perímetro crítico.

$e_y$ : Distancia desde  $dl$  hasta el eje alrededor del cual actúa el momento  $M_{xd}$ .

$$W_{1y} = \int_0^{u_1} |e_x| \cdot dl$$

$$W_{1y} : \underline{62132.7} \text{ cm}^2$$

$e_x$ : Distancia desde  $dl$  hasta el eje alrededor del cual actúa el momento  $M_{yd}$ .

$d$ : Canto útil de la losa.

$$d : \underline{465} \text{ mm}$$

La tensión máxima resistente de una losa con armadura de punzonamiento en el perímetro crítico se obtiene mediante la siguiente expresión (EHE-08, 46.4.1):

$$\tau_{rd,cs} = 0.75 \cdot \tau_{rd,c} + 1.5 \cdot \frac{\sum \left( \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{y\alpha,d} \cdot \text{sen}\alpha \right)}{u_1} \quad \tau_{rd,cs} : \underline{1.34} \text{ N/mm}^2$$

Donde:

$$\tau_{rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.1 \cdot \sigma'_{cd} \quad \tau_{rd,c} : \underline{0.53} \text{ N/mm}^2$$

con un valor mínimo de:

$$\tau_{rd,c,min} = \frac{0.075}{\gamma_c} \cdot \xi^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} + 0.1 \cdot \sigma'_{cd} \quad \tau_{rd,c,min} : \underline{0.53} \text{ N/mm}^2$$

Donde:

$\gamma_c$ : Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón.

$$\gamma_c : \underline{1.50}$$

$\xi$ : Coeficiente que depende del canto útil 'd'.

$$\xi : \underline{1.66}$$

$$\xi = \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) \leq 2$$

$f_{ck}$ : Resistencia característica a compresión del hormigón.

$$f_{ck} : \underline{25.00} \text{ N/mm}^2$$

$\rho_l$ : Cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción.

$$\rho_l : \underline{0.0032}$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_x \cdot \rho_y} \leq 0.02$$

Donde:

$\rho_x$ : Cuantía en la dirección X.

$$\rho_x : \underline{0.0035}$$

$\rho_y$ : Cuantía en la dirección Y.

$$\rho_y : \underline{0.0030}$$

$\sigma'_{cd}$ : Tensión axial media en la superficie crítica de comprobación (compresión positiva), con un valor máximo de  $\sigma'_{cd,max}$ .

$$\sigma'_{cd} : \underline{0.00} \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma'_{cd,max} = 0.30 \cdot f_{cd} \leq 12 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma'_{cd,max} : \underline{5.00} \text{ N/mm}^2$$

$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo a compresión del hormigón.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ N/mm}^2$$

$A_{sw}$ : Área total de armadura de punzonamiento en un perímetro concéntrico al soporte o área cargada.

$s$ : Distancia en dirección radial entre dos perímetros concéntricos de armadura.

$\alpha$ : Ángulo entre la armadura de punzonamiento y el plano de la losa.

Referencia	$A_{sw}$ (mm <sup>2</sup> )	$s$ (mm)	$\alpha$ (grados)	$A_{sw}/s$ (cm <sup>2</sup> /m)
Refuerzo de punzonamiento	616	100	90.0	61.6
Refuerzo de punzonamiento	616	100	90.0	61.6

$f_{y\alpha,d}$ : Resistencia de cálculo de la armadura  $A_{\alpha}$ , no mayor que 400 N/mm<sup>2</sup>.

$f_{y\alpha,d} : 400.00$  N/mm<sup>2</sup>

$u_1$ : Perímetro crítico de punzonamiento (EHE-08, 46.2).

$u_1 : 7837$  mm

**Armadura de refuerzo**

**Distancia libre entre dos barras aisladas consecutivas**

La distancia libre  $d_l$ , horizontal y vertical, entre dos barras aisladas consecutivas debe ser igual o superior a  $s_{min}$  (EHE-08, 69.4.1.1):

$d_l \geq s_{min}$

**86 mm  $\geq$  20 mm ✓**

Donde:

$s_{min}$ : Valor máximo de  $s_1, s_2, s_3$ .

$s_{min} : 20$  mm

$s_1 = 20$ mm

$s_1 : 20$  mm

$s_2 = 1.25 \cdot d_a$

$s_2 : 19$  mm

$s_3 = \varnothing_{max}$

$s_3 : 14$  mm

Siendo:

$d_a$ : Tamaño máximo del árido.

$d_a : 15$  mm

$\varnothing_{max}$ : Diámetro de la barra más gruesa de la armadura transversal.

$\varnothing_{max} : 14$  mm

	$d_l$ (mm)	$s_{min}$ (mm)	$\varnothing_{max}$ (mm)	
<b>Refuerzo de punzonamiento</b>	<b>86</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	✓
Refuerzo de punzonamiento	86	20	14	✓

**Distancia entre la cara del soporte y el primer refuerzo de punzonamiento**

La distancia entre la cara del soporte o área cargada y el primer refuerzo de punzonamiento no puede ser mayor que  $s_{max}$  (EHE-08, 46.5, Figura 46.5.b):

$d_l \leq s_{max}$

**20 mm  $\leq$  233 mm ✓**

Donde:

$s_{max} = 0.5 \cdot d$

$s_{max} : 233$  mm

$d$ : Canto útil de la losa.

$d : 465$  mm

**Distancia entre perímetros de refuerzo transversal consecutivos**

La distancia  $d_l$  entre perímetros de refuerzo transversal consecutivos debe ser, como máximo, igual a  $s_{max}$  (EHE-08, 46.5, Figura 46.5.b):

$d_l \leq s_{max}$

**100 mm  $\leq$  349 mm ✓**

Donde:

$$s_{\max} = 0.75 \cdot d$$

$$s_{\max} : 349 \text{ mm}$$

**d**: Canto útil de la losa.

$$d : 465 \text{ mm}$$

### Distancia entre dos refuerzos consecutivos en sentido perimetral

La distancia  $d_i$  entre dos refuerzos consecutivos en sentido perimetral no puede ser mayor que  $s_{\max}$  (UNE-EN 1992-1-1:2010, 9.4.3):

$$d_i \leq s_{\max}$$

$$534 \text{ mm} \leq 698 \text{ mm} \checkmark$$

Donde:

$$s_{\max} = 1.5 \cdot d$$

$$s_{\max} : 698 \text{ mm}$$

**d**: Canto útil de la losa.

$$d : 465 \text{ mm}$$

## 10.3 FORJADO

### 10.3.1 DESCRIPCIÓN

Se plantea un forjado reticular bidireccional de hormigón armado con casetón perdido de canto total  $50 = 40 + 10$  cm, realizado con HA-25/B/20/IIa, nervios de hormigón de 12 cm de espesor e intereje de 80 cm. El casetón está constituido de poliestireno expandido de dimensiones totales  $68 \times 68 \times 40$  cm.

Para el cálculo del forjado, ya que no se ha modelado la totalidad de la estructura, han sido necesarias 4 vigas perimetrales de  $50 \times 50$  que quedan reflejadas en el presente anejo, pero no se contemplan en el presupuesto ya que son meramente necesarias para el cálculo del forjado en el programa CypeCad y no para la ejecución del real del mismo, ya que el forjado es bidireccional.

Los materiales de ejecución constan de las siguientes propiedades:

- Hormigón: HA-25;  $\gamma_c = 1,5$
- Acero: B 500 S;  $\gamma_s = 1,15$

En cuanto a los elementos que conforman el forjado reticular y a su geometría el programa CypeCad reporta los siguientes datos:

- Superficie total:  $296.79 \text{ m}^2$
- Superficie total forjados:  $262.31 \text{ m}^2$
- Reticulares:  $262.31 \text{ m}^2$
- Ábacos:  $100.61 \text{ m}^2$
- Aligerado:  $161.70 \text{ m}^2$
- Superficie en planta de vigas, zunchos y muros:  $33.48 \text{ m}^2$
- Superficie lateral de vigas, zunchos y muros:  $34.49 \text{ m}^2$
- Hormigón total en vigas:  $16.24 \text{ m}^3$
- Vigas:  $16.24 \text{ m}^3$
- Volumen total forjados:  $83.93 \text{ m}^3$
- Reticulares:  $83.93 \text{ m}^3$
- Ábacos:  $50.30 \text{ m}^3$
- Aligerado:  $33.63 \text{ m}^3$

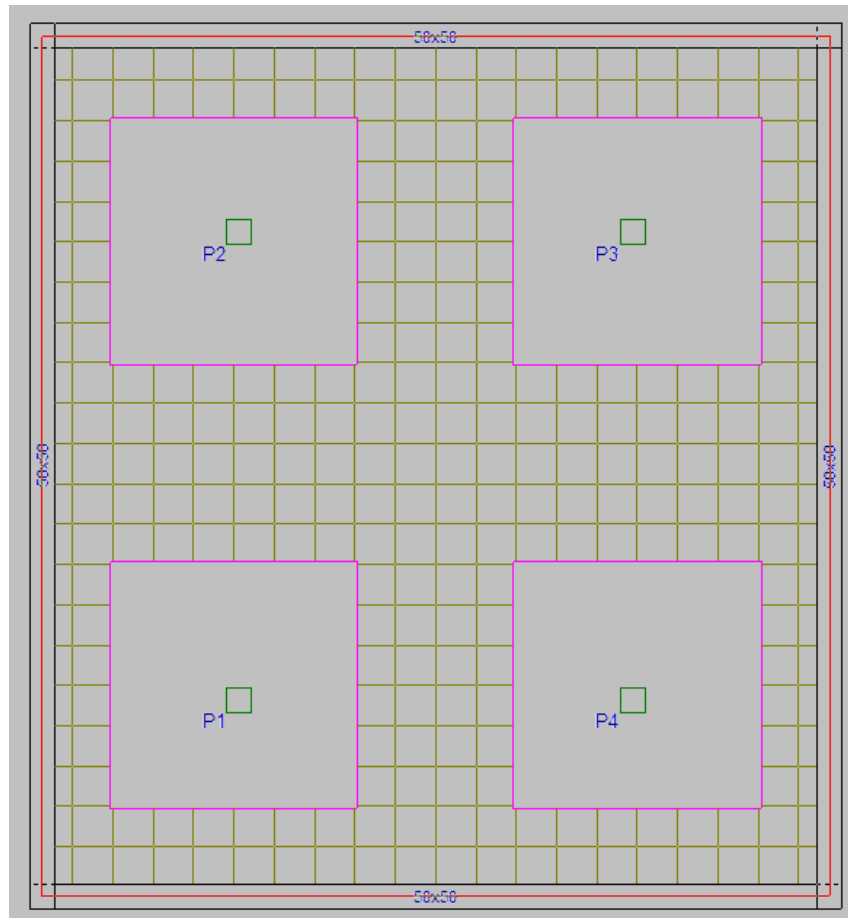


Figura 56. Forjado reticular. Geometría. Fuente CypeCad

A continuación, se adjunta una tabla de caracterización de las vigas perimetrales del forjado:

Vigas de la losa		
Pórtico	Tramo	Dimensión
1	B6-B5	50x50
2	B7-B8	50x50
3	B6-B7	50x50
4	B5-B8	50x50

Tabla 75. Descripción de las vigas de la losa. Fuente CypeCad



10.3.2 COMPROBACIONES ELU DE LAS VIGAS DEL FORJADO

Vigas	COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-08)														Estado	
	Disp.	Arm.	Q	N,M	T <sub>c</sub>	T <sub>st</sub>	T <sub>sl</sub>	TNM <sub>x</sub>	TV <sub>x</sub>	TV <sub>y</sub>	TV <sub>xSt</sub>	TV <sub>ySt</sub>	T,Geom.	T,Disp. <sub>sl</sub>		T,Disp. <sub>st</sub>
B6 - B5	Cumple	Cumple	'5.285 m' η = 5.2	'3.508 m' η = 30.7	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 30.7
B7 - B8	Cumple	Cumple	'9.932 m' η = 5.3	'3.508 m' η = 30.3	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 30.3
B6 - B7	Cumple	Cumple	'5.679 m' η = 6.1	'13.196 m' η = 25.9	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 25.9
B5 - B8	Cumple	Cumple	'5.682 m' η = 6.0	'13.199 m' η = 25.9	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 25.9

**Notación:**  
 Disp.: Disposiciones relativas a las armaduras  
 Arm.: Armadura mínima y máxima  
 Q: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas)  
 N,M: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas)  
 T<sub>c</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Compresión oblicua.  
 T<sub>st</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en el alma.  
 T<sub>sl</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en las armaduras longitudinales.  
 TNM<sub>x</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y esfuerzos normales. Flexión alrededor del eje X.  
 TV<sub>x</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje X. Compresión oblicua  
 TV<sub>y</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Compresión oblicua  
 TV<sub>xSt</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje X. Tracción en el alma.  
 TV<sub>ySt</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Tracción en el alma.  
 T,Geom.: Estado límite de agotamiento por torsión. Relación entre las dimensiones de la sección.  
 T,Disp.<sub>sl</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal.  
 T,Disp.<sub>st</sub>: Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura transversal.  
 x: Distancia al origen de la barra  
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)  
 N.P.: No procede

**Comprobaciones que no proceden (N.P.):**  
<sup>(1)</sup> La comprobación del estado límite de agotamiento por torsión no procede, ya que no hay momento torsor.  
<sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre torsión y esfuerzos normales.

Tabla 76. Comprobaciones de resistencia. Fuente CypeCad

Vigas	COMPROBACIONES DE FISURACIÓN (INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE-08)							Estado
	σ <sub>c</sub>	W <sub>k,C,sup.</sub>	W <sub>k,C,lat.Der.</sub>	W <sub>k,C,inf.</sub>	W <sub>k,C,lat.Izq.</sub>	σ <sub>sr</sub>	V <sub>fis</sub>	
B6 - B5	x: 3.918 m Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	Cumple	<b>CUMPLE</b>
B7 - B8	x: 3.918 m Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m Cumple	<b>CUMPLE</b>
B6 - B7	x: 13.606 m Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	Cumple	<b>CUMPLE</b>
B5 - B8	x: 13.609 m Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	Cumple	<b>CUMPLE</b>

**Notación:**  
 σ<sub>c</sub>: Fisuración por compresión  
 W<sub>k,C,sup.</sub>: Fisuración por tracción: Cara superior  
 W<sub>k,C,lat.Der.</sub>: Fisuración por tracción: Cara lateral derecha  
 W<sub>k,C,inf.</sub>: Fisuración por tracción: Cara inferior  
 W<sub>k,C,lat.Izq.</sub>: Fisuración por tracción: Cara lateral izquierda  
 σ<sub>sr</sub>: Área mínima de armadura  
 V<sub>fis</sub>: Fisuración por cortante  
 x: Distancia al origen de la barra  
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)  
 N.P.: No procede

**Comprobaciones que no proceden (N.P.):**  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que la tensión de tracción máxima en el hormigón no supera la resistencia a tracción del mismo.

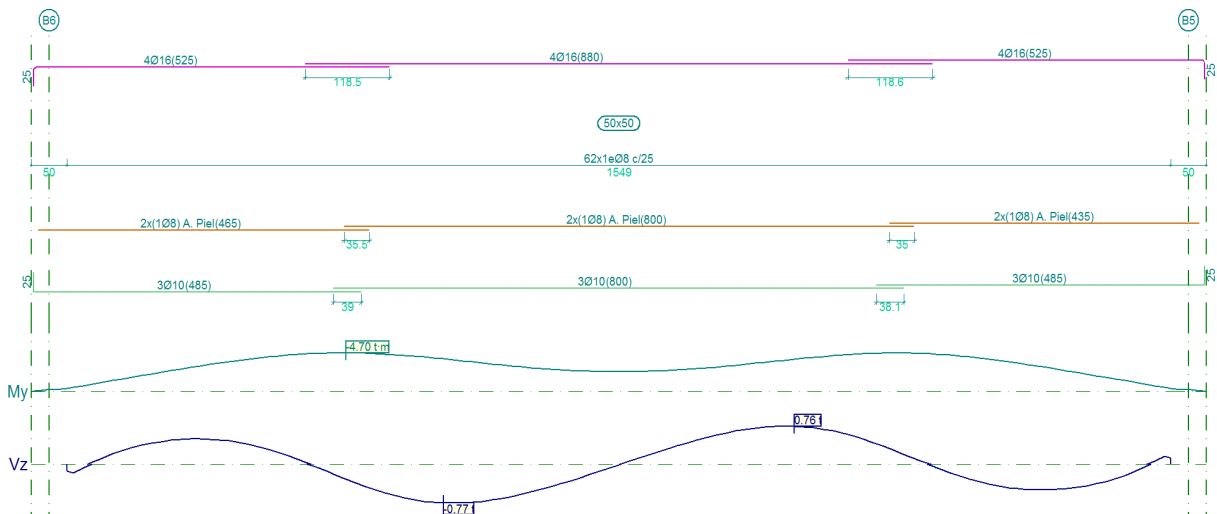
Tabla 77. Comprobaciones de fisuración. Fuente CypeCad

Comprobaciones de flecha				
Vigas	Sobrecarga (Característica) $f_{i,Q} \leq f_{i,Q,lim}$ $f_{i,Q,lim} = L/350$	A plazo infinito (Cuasipermanente) $f_{T,max} \leq f_{T,lim}$ $f_{T,lim} = \text{Mín.}(L/300, L/500+10.00)$	Activa (Característica) $f_{A,max} \leq f_{A,lim}$ $f_{A,lim} = L/400$	Estado
B6 - B5	$f_{i,Q}$ : 1.70 mm $f_{i,Q,lim}$ : 44.25 mm	$f_{T,max}$ : 18.99 mm $f_{T,lim}$ : 40.98 mm	$f_{A,max}$ : 12.38 mm $f_{A,lim}$ : 38.72 mm	<b>CUMPLE</b>
B7 - B8	$f_{i,Q}$ : 1.68 mm $f_{i,Q,lim}$ : 44.27 mm	$f_{T,max}$ : 18.81 mm $f_{T,lim}$ : 40.99 mm	$f_{A,max}$ : 12.27 mm $f_{A,lim}$ : 38.73 mm	<b>CUMPLE</b>
B6 - B7	$f_{i,Q}$ : 0.89 mm $f_{i,Q,lim}$ : 48.56 mm	$f_{T,max}$ : 11.29 mm $f_{T,lim}$ : 43.99 mm	$f_{A,max}$ : 7.01 mm $f_{A,lim}$ : 42.49 mm	<b>CUMPLE</b>
B5 - B8	$f_{i,Q}$ : 0.89 mm $f_{i,Q,lim}$ : 48.56 mm	$f_{T,max}$ : 11.28 mm $f_{T,lim}$ : 43.99 mm	$f_{A,max}$ : 7.00 mm $f_{A,lim}$ : 42.49 mm	<b>CUMPLE</b>

Tabla 78. Comprobaciones de flecha. Fuente CypeCad

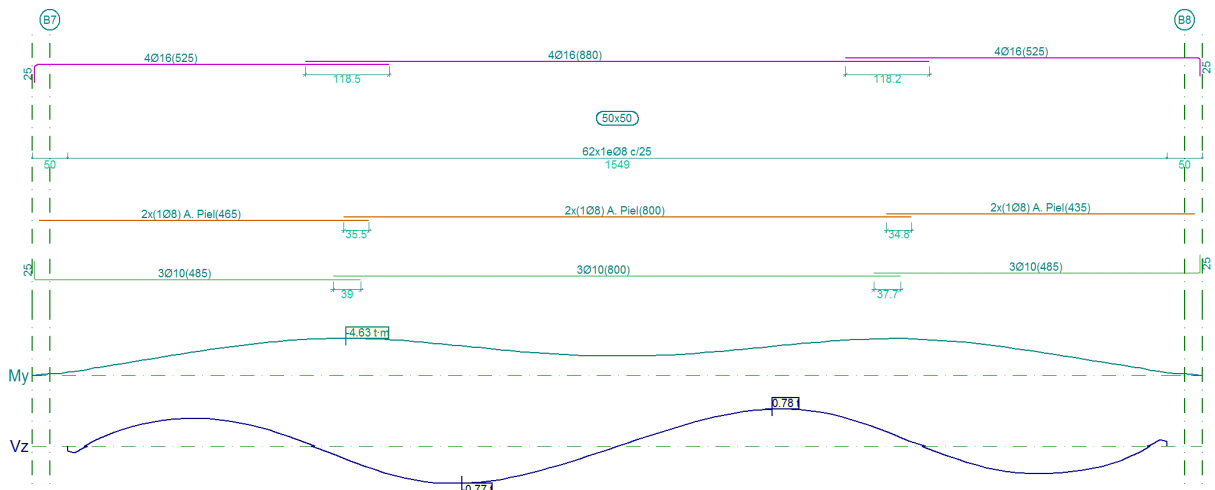
### 10.3.3 COMPROBACIONES DEL ARMADO DE LAS VIGAS DEL FORJADO

#### 10.3.3.1 PÓRTICO 1



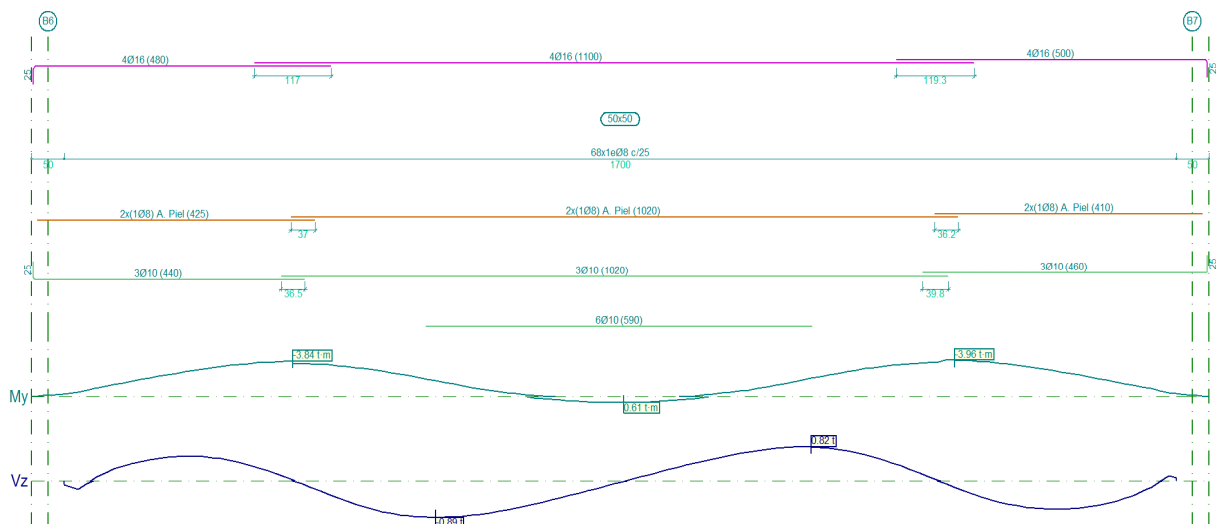
Pórtico 1		Tramo: B6-B5			
Sección		50x50			
Zona		1/3L	2/3L	3/3L	
Momento mín.	[t·m]	<b>-4.70</b>	<b>-3.97</b>	<b>-4.67</b>	
x	[m]	3.92	5.28	11.57	
Momento máx.	[t·m]	--	--	--	
x	[m]	--	--	--	
Cortante mín.	[t]	<b>-0.75</b>	<b>-0.77</b>	<b>-0.51</b>	
x	[m]	5.15	5.28	13.76	
Cortante máx.	[t]	<b>0.51</b>	<b>0.76</b>	<b>0.75</b>	
x	[m]	1.73	10.20	10.34	
Torsor mín.	[t]	<b>-0.26</b>	<b>-0.28</b>	<b>-0.32</b>	
x	[m]	5.01	5.56	13.76	
Torsor máx.	[t]	<b>0.32</b>	<b>0.27</b>	<b>0.26</b>	
x	[m]	1.46	9.93	10.34	
Área Sup.	[cm <sup>2</sup> ]	Real	<b>8.04</b>	<b>8.04</b>	<b>8.04</b>
		Nec.	7.00	7.00	7.00
Área Inf.	[cm <sup>2</sup> ]	Real	<b>2.36</b>	<b>2.36</b>	<b>2.36</b>
		Nec.	0.00	0.00	0.00
Área Transv.	[cm <sup>2</sup> /m]	Real	<b>4.02</b>	<b>4.02</b>	<b>4.02</b>
		Nec.	3.93	3.93	3.93
F. Sobrecarga		<b>1.70 mm, L/9112 (L: 15.49 m)</b>			
F. Activa		<b>12.38 mm, L/1251 (L: 15.49 m)</b>			
F. A plazo infinito		<b>18.99 mm, L/816 (L: 15.49 m)</b>			

### 10.3.3.2 PÓRTICO 2



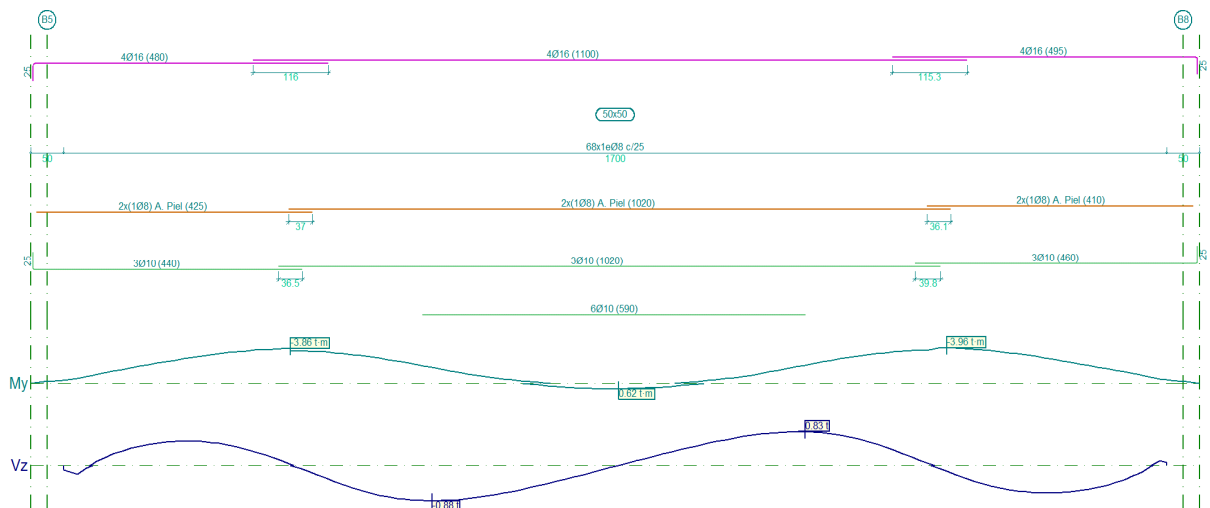
Pórtico 2			Tramo: B7-B8		
Sección			50x50		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Momento mín.	[t·m]		<b>-4.63</b>	<b>-3.93</b>	<b>-4.59</b>
x	[m]		3.92	5.29	11.57
Momento máx.	[t·m]		--	--	--
x	[m]		--	--	--
Cortante mín.	[t]		<b>-0.75</b>	<b>-0.77</b>	<b>-0.57</b>
x	[m]		5.15	5.56	13.76
Cortante máx.	[t]		<b>0.58</b>	<b>0.78</b>	<b>0.76</b>
x	[m]		1.73	9.93	10.34
Torsor mín.	[t]		<b>-0.32</b>	<b>-0.27</b>	<b>-0.26</b>
x	[m]		1.46	9.66	10.34
Torsor máx.	[t]		<b>0.26</b>	<b>0.27</b>	<b>0.32</b>
x	[m]		5.01	5.56	13.76
Área Sup.	[cm <sup>2</sup> ]	Real	<b>8.04</b>	<b>8.04</b>	<b>8.04</b>
		Nec.	7.00	7.00	7.00
Área Inf.	[cm <sup>2</sup> ]	Real	<b>2.36</b>	<b>2.36</b>	<b>2.36</b>
		Nec.	0.00	0.00	0.00
Área Transv.	[cm <sup>2</sup> /m]	Real	<b>4.02</b>	<b>4.02</b>	<b>4.02</b>
		Nec.	3.93	3.93	3.93
F. Sobrecarga			<b>1.68 mm, L/9203 (L: 15.49 m)</b>		
F. Activa			<b>12.27 mm, L/1263 (L: 15.49 m)</b>		
F. A plazo infinito			<b>18.81 mm, L/824 (L: 15.49 m)</b>		

### 10.3.3.3 PÓRTICO 3



Pórtico 3			Tramo: B6-B7		
Sección			50x50		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Momento mín.	[t·m]		<b>-3.84</b>	<b>-1.83</b>	<b>-3.96</b>
x	[m]		3.49	11.28	13.61
Momento máx.	[t·m]		--	<b>0.61</b>	--
x	[m]		--	8.55	--
Cortante mín.	[t]		<b>-0.89</b>	<b>-0.89</b>	<b>-0.69</b>
x	[m]		5.54	5.68	15.25
Cortante máx.	[t]		<b>0.60</b>	<b>0.82</b>	<b>0.82</b>
x	[m]		1.85	11.28	11.42
Torsor mín.	[t]		<b>-0.29</b>	<b>-0.36</b>	<b>-0.36</b>
x	[m]		1.31	11.15	11.42
Torsor máx.	[t]		<b>0.37</b>	<b>0.37</b>	<b>0.31</b>
x	[m]		5.41	5.68	15.25
Área Sup.	[cm <sup>2</sup> ]	Real	<b>8.04</b>	<b>8.04</b>	<b>8.04</b>
		Nec.	7.00	7.00	7.00
Área Inf.	[cm <sup>2</sup> ]	Real	<b>2.58</b>	<b>7.07</b>	<b>2.58</b>
		Nec.	0.00	7.00	0.00
Área Transv.	[cm <sup>2</sup> /m]	Real	<b>4.02</b>	<b>4.02</b>	<b>4.02</b>
		Nec.	3.93	3.93	3.93
F. Sobrecarga			<b>0.89 mm, L/19116 (L: 17.00 m)</b>		
F. Activa			<b>7.01 mm, L/2425 (L: 17.00 m)</b>		
F. A plazo infinito			<b>11.29 mm, L/1506 (L: 17.00 m)</b>		

### 10.3.3.4 PÓRTICO 4



ANEJO 7. ESTRUCTURA PRINCIPAL

Pórtico 4			Tramo: B5-B8		
Sección			50x50		
Zona			1/3L	2/3L	3/3L
Momento mín. x	[t·m]		<b>-3.86</b>	<b>-1.82</b>	<b>-3.96</b>
	[m]		3.50	11.29	13.61
Momento máx. x	[t·m]		--	<b>0.62</b>	--
	[m]		--	8.55	--
Cortante mín. x	[t]		<b>-0.87</b>	<b>-0.88</b>	<b>-0.68</b>
	[m]		5.55	5.68	15.25
Cortante máx. x	[t]		<b>0.60</b>	<b>0.83</b>	<b>0.83</b>
	[m]		1.86	11.29	11.42
Torsor mín. x	[t]		<b>-0.36</b>	<b>-0.37</b>	<b>-0.31</b>
	[m]		5.41	5.68	15.25
Torsor máx. x	[t]		<b>0.30</b>	<b>0.36</b>	<b>0.36</b>
	[m]		1.31	11.15	11.42
Área Sup.	[cm <sup>2</sup> ]	Real	<b>8.04</b>	<b>8.04</b>	<b>8.04</b>
		Nec.	7.00	7.00	7.00
Área Inf.	[cm <sup>2</sup> ]	Real	<b>2.58</b>	<b>7.07</b>	<b>2.58</b>
		Nec.	0.00	7.00	0.00
Área Transv.	[cm <sup>2</sup> /m]	Real	<b>4.02</b>	<b>4.02</b>	<b>4.02</b>
		Nec.	3.93	3.93	3.93
F. Sobrecarga			<b>0.89 mm, L/19140 (L: 17.00 m)</b>		
F. Activa			<b>7.00 mm, L/2428 (L: 17.00 m)</b>		
F. A plazo infinito			<b>11.28 mm, L/1507 (L: 17.00 m)</b>		



GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 8- EVACUACIÓN DE AGUAS***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019



## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	267
2	CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN .....	267
3	CÁLCULOS .....	269
3.1	CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA ( $I = \text{MM/H}$ ).....	269
3.2	DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE AFECCIÓN DE AGUAS PLUVIALES ( $A = \text{M}^2$ )	269
3.3	SELECCIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C) .....	270
3.4	CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO ( $Q_D = \text{L/S}$ ).....	270
3.5	DISEÑO DE LA CANALETA.....	270
3.6	CÁLCULO DEL ÁREA DE LA SECCIÓN ( $A = \text{M}^2$ ).....	271
3.7	CÁLCULO DEL PERÍMETRO DE LA SECCIÓN ( $P = \text{M}$ ) .....	271
3.8	CÁLCULO DEL ANCHO SUPERFICIAL DE LA SECCIÓN ( $T = \text{M}$ ).....	271
3.9	CÁLCULO DEL RADIO HIDRAÚLICO DE LA SECCIÓN ( $R = \text{M}$ ) .....	272
3.10	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA CANALETA. ECUACIÓN DE MANNING ( $Q = \text{L/S}$ ).....	272
3.11	COMPARATIVA ENTRE EL CAUDAL DE DISEÑO Y LA CAPACIDAD DE LA CANALETA .....	273

## 1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este proyecto técnico es especificar todos y cada uno de los elementos que componen la instalación de evacuación de aguas, así como justificar, mediante los correspondientes cálculos, el correcto dimensionamiento de la misma.

En el caso de estudio, se debe tener en consideración solamente la evacuación de aguas de la cubierta peatonal, ya que, en el aparcamiento subterráneo no se tiene ningún tipo de instalación de saneamiento.

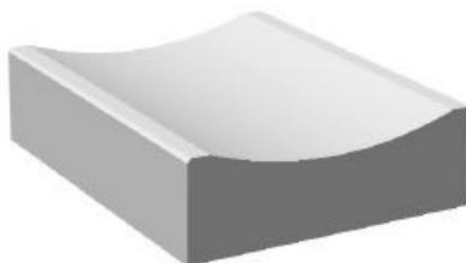
En cuanto a la evacuación de aguas pluviales de la cubierta, se prevé recoger la totalidad del volumen de las mismas en la cara norte de la cubierta, adyacente a la Estrada Caleros, dotando la cubierta de una pendiente de 1,5% en sus sentidos longitudinal y transversal para la evacuación de agua en la zona deseada.

Las aguas pluviales recogidas en dicha zona serán conducidas mediante una canaleta prefabricada de hormigón, con pendiente de 1,5% hasta el encuentro con la arqueta de recogida de pluviales que se situará en el extremo noreste de la cubierta, donde interseccionan la Estrada Caleros y la Calle Gordóniz. Se dispondrá, también, de una acometida general de saneamiento para realizar la conexión a la red general del municipio.

## 2 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

### **Canaleta prefabricada de hormigón**

Canaleta prefabricada de hormigón bicapa 50x40x13, constituida por un núcleo de hormigón en masa y una doble capa de arena de sílice en su cara vista, resistencia individual mayor de 4 Mpa, según las normas UNE-EN 1340:2003 y UNE 127.340.



*Figura 1. Canaleta prefabricada de hormigón*

**Imbornal de pluviales**

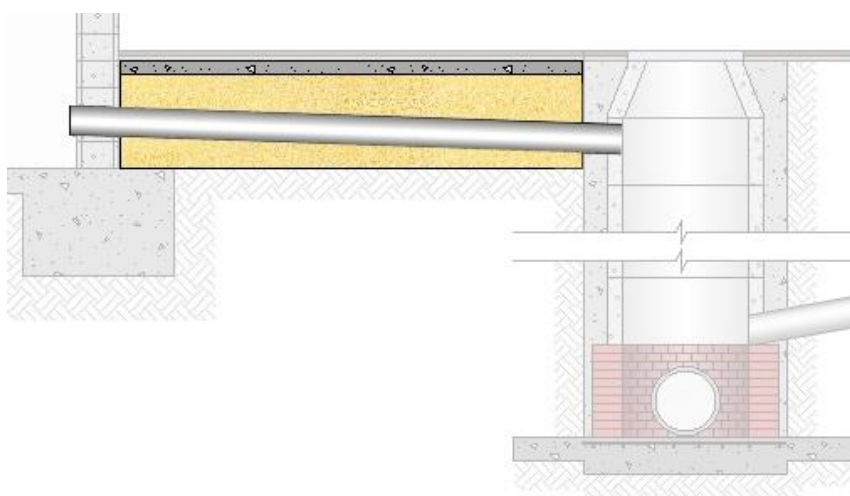
Imbornal prefabricado de hormigón, de 100x100x115 cm de medidas interiores, para recogida de aguas pluviales con rejilla de fundición dúctil normalizada, clase C-250 según UNE-EN 124.



*Figura 2. Imbornal generico de aguas pluviales*

**Acometida**

Acometida general de saneamiento a la red general del municipio  $\varnothing$  200, de tubo de PVC liso, serie SN-4, rigidez anular nominal 4 kN/m<sup>2</sup>, según UNE-EN 1401-1, pegado mediante adhesivo.



*Figura 3. Acometida general de saneamiento*

### 3 CÁLCULOS

Para la selección de la canaleta, se han realizado los cálculos correspondientes al dimensionamiento de acuerdo a la norma 5.2 – IC Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras (Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero).

Mediante el cálculo, se pretende comprobar que la canaleta tenga capacidad suficiente para la recogida del caudal de diseño previsto para el municipio de Bilbao.

Una vez determinado el caudal de diseño correspondiente a las precipitaciones medias que se prevén en la zona, se comparará con el caudal que la canaleta es capaz de soportar de acuerdo a sus características.

#### 3.1 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA ( $I = \text{mm/h}$ )

Para el término municipal seleccionado (Bilbao) la isoyeta es '10' y la zona pluviométrica 'A'. Con estos valores le corresponde una intensidad pluviométrica '155 mm/h = 0,000043 m/s'.

#### 3.2 DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE AFECCIÓN DE AGUAS PLUVIALES ( $A = \text{m}^2$ )

El área aferente al tramo de canaleta a diseñar es el correspondiente a la zona de embaldosado de la cubierta.

Se desprecian para la determinación del área de afección, el área correspondiente a las zonas verdes, ya que, la propia vegetación actuará como elemento filtrante, lo que además, ayudará al regadío de la hierba que se sembrará.

Se desprecia también la superficie correspondiente a las estructuras de protección del ascensor, escaleras, cuarto de instalaciones y de la plataforma elevadora.

Por lo tanto, la superficie de afección por el agua de lluvia, es de 747,42 m<sup>2</sup>.

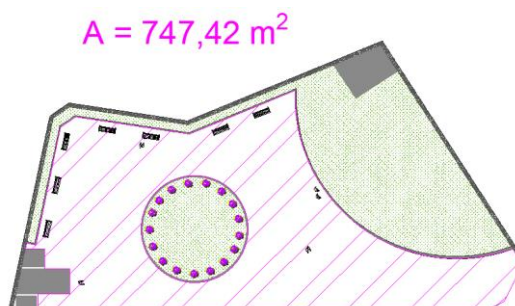


Figura 4. Área de afección por las aguas pluviales

### 3.3 SELECCIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

El coeficiente de escorrentía (C) dependerá de los materiales y pendiente del área aferente, para este caso por tratarse de una zona embaldosada sin vegetación se puede considerar impermeable y con una pendiente del 1,5%, como se ha explicado en apartados anteriores, se seleccionará de la tabla 1 el valor de  $C = 0,65$ .

Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada > 50%	Alta 50 - 20 %	Media 20 - 8 %	Suave 8 - 1 %	Despreciable < 1 %
Sin vegetación	Impermeable	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
	Semipermeable	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
	Permeable	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3
Cultivos	Impermeable	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
	Semipermeable	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
	Permeable	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2
Pastos y vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45
	Semipermeable	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35
	Permeable	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15
Hierba y grama	Impermeable	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
	Semipermeable	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3
	Permeable	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1
Bosques y vegetación densa	Impermeable	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35
	Semipermeable	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25
	Permeable	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05

Figura 5. Coeficientes de escorrentía.

### 3.4 CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO ( $Q_d = L/s$ )

Se ha calculado el caudal de diseño que se tendrá en la zona de estudio mediante el método racional.

$$Q_d = C \cdot I \cdot A$$

$$Q_d = 0,65 \cdot 0,000043 \cdot 747,42$$

$$Q_d = 0,021 \frac{m^3}{s} = 21 \frac{L}{s}$$

Por lo tanto, se tiene un caudal de diseño para el municipio de Bilbao de 21 l/s.

### 3.5 DISEÑO DE LA CANALETA

Para realizar el cálculo del caudal que puede soportar la canaleta, es necesario dimensionar la misma. En este caso, se ha escogido una canaleta de hormigón prefabricada de sección útil elíptica, la cual facilite la recogida de las aguas en toda su longitud. Sus dimensiones, medidas en milímetros, son las siguientes:

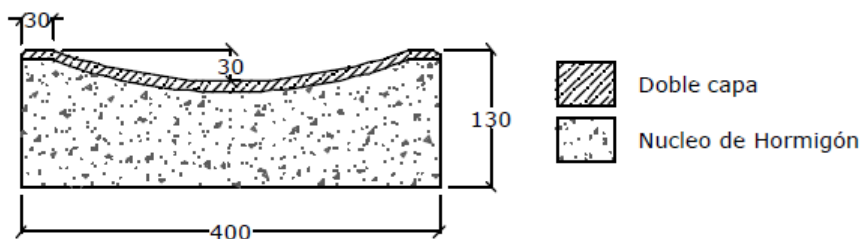


Figura 6. Dimensiones de la canaleta de hormigón prefabricada

Las propiedades geométricas de la superficie útil de la canaleta vendrán determinadas por las expresiones características de una elipse.

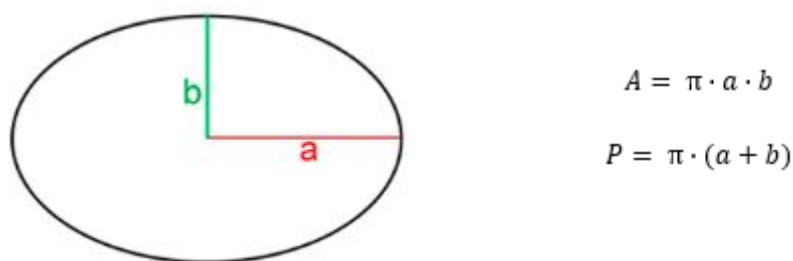


Figura 7. Elipse tipo y sus ecuaciones

### 3.6 CÁLCULO DEL ÁREA DE LA SECCIÓN (A = m<sup>2</sup>)

$$A = \pi \cdot 0,17 \text{ m} \cdot 0,03 \text{ m}$$

$$A = 0,016 \text{ m}^2$$

### 3.7 CÁLCULO DEL PERÍMETRO DE LA SECCIÓN (P = m)

$$P = \pi \cdot (0,17 \text{ m} + 0,03 \text{ m})$$

$$P = 0,628 \text{ m}$$

### 3.8 CÁLCULO DEL ANCHO SUPERFICIAL DE LA SECCIÓN (T = m)

El ancho superficial de la sección corresponde con la longitud horizontal de la sección útil de la canaleta, que en este caso, es de:

$$T = 0,34 \text{ m}$$

### 3.9 CÁLCULO DEL RADIO HIDRÁULICO DE LA SECCIÓN (R = m)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,016}{0,628} = 0,0254 \text{ m}$$

### 3.10 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA CANALETA. ECUACIÓN DE MANNING (Q = L/s)

Para determinación de la capacidad de la canaleta se ha calculado el caudal máximo que la sección es capaz de soportar mediante la ecuación de Manning, donde:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Q = caudal máximo de la sección seleccionada

n = coeficiente de rugosidad de Manning

S = pendiente longitudinal de la canaleta

A = área de la canaleta

R = radio hidráulico de la canaleta

Perímetro mojado	n	Perímetro mojado	n
Canales naturales		Canales artificiales	
Limpios y rectos	0.030	Vidrio	0.010
Fangoso con piscinas	0.040	Latón	0.011
Ríos	0.035	Acero, suave	0.012
		Acero, pintado	0.014
Llanuras de inundación		Acero remachado	0.016
Pasto, campo	0.035	Hierro fundido	0.013
Matorrales baja densidad	0.050	Concreto terminado	0.012
Matorrales alta densidad	0.075	Concreto sin terminar	0.014
Árboles	0.150	Madera cepillada	0.012
		Baldosa arcilla	0.014
Canales de tierra		Ladrillo	0.015
Limpio	0.022	Asfalto	0.016
Grava	0.025	Metal corrugado	0.022
Maleza	0.030	Madera no cepillada	0.013
Piedra	0.035		

Tabla 1. Valores del coeficiente de Manning (n)

Para este caso, se tomará un valor de n = 0.012, ya que el acabado de la cubierta corresponde con un embaldosado de baldosas de hormigón.

En cuanto a la pendiente S corresponde con el valor de 1,5% que tomará la pendiente a fin de facilitar la evacuación de las aguas.

$$Q = \frac{1}{0.012} \cdot 0,016 \cdot 0,0254^{2/3} \cdot 1,5^{1/2}$$

$$Q = 0,141 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 141 \text{ l/s}$$

Por lo tanto, la canaleta es capaz de soportar un caudal de 141 l/s.,

### 3.11 COMPARATIVA ENTRE EL CAUDAL DE DISEÑO Y LA CAPACIDAD DE LA CANALETA

Para comprobar la idoneidad de la superficie de la canaleta seleccionada para recoger y transportar la totalidad de las aguas pluviales de la cubierta, se compara el caudal de puede recoger la canaleta (Q) con el caudal de diseño (Qd) obtenido a partir de los datos del municipio.

Para que la canaleta sea adecuada se debe cumplir que el caudal que la canaleta es capaz de soportar sea mayor que el caudal de diseño:

$$Q > Qd$$

$$141 \text{ l/s} > 21 \text{ l/s}$$

Por lo tanto, la sección cumple, por lo que la canaleta será capaz de soportar el caudal de diseño sobradamente.

En cuanto a la capacidad de captación de aguas del imbornal, para asegurar que esta capacidad siempre sea superior al caudal de agua que recogerá, se ha optado por la elección de un imbornal de grandes dimensiones 100x100x115 cm, como se indica en el segundo apartado.



GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 9- VENTILACIÓN***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	274
2	NORMATIVA .....	274
3	CRITERIOS PARA EL CÁLCULO.....	274
4	DISEÑO.....	275
4.1	VENTILACIÓN NATURAL.....	275
4.2	VENTILACIÓN MECÁNICA.....	275
5	CONDICIONES DE LOS ELEMENTOS.....	276
5.1	CONDUCTOS DE ADMISIÓN.....	276
5.2	CONDUCTOS DE EXTRACCIÓN .....	276
5.3	VENTILADORES MECÁNICOS .....	277
6	DIMENSIONADO .....	278
6.1	REJILLAS DE EXTRACCIÓN MECÁNICA.....	278
6.2	REJILLAS DE ADMISIÓN MECÁNICA.....	279
6.3	CONDUCTOS DE EXTRACCIÓN .....	279
6.4	CONDUCTOS DE ADMISIÓN .....	281
6.5	VENTILADORES.....	282
6.5.1	COMPROBACIÓN DEL CAUDAL DE ADMISIÓN .....	284
6.5.2	COMPROBACIÓN DEL CAUDAL DE EXTRACCIÓN.....	284

## 1 INTRODUCCIÓN

En este anejo se realizará el cálculo de las instalaciones de climatización necesarias para efectuar la renovación del aire del proyecto. Esta renovación de aire será necesaria y obligatoria en la zona de aparcamiento, para evitar la acumulación de gases tóxicos provenientes de los motores de combustión.

## 2 NORMATIVA

La normativa de aplicación para determinar las características de la instalación de la renovación del aire interior es el Código Técnico de la Edificación, en su Documento Básico de Salubridad: Calidad del Aire Interior (DB-HS 3: Calidad del Aire Interior).

## 3 CRITERIOS PARA EL CÁLCULO

En primer lugar, para determinar las características de esta instalación es necesario determinar el caudal de ventilación mínimo exigido por el CTE. Para ello, será preciso consultar la siguiente tabla del DB-HS 3:

		Caudal de ventilación mínimo exigido $q_v$ en l/s		
		Por ocupante	Por m <sup>2</sup> útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2	50 por local <sup>(1)</sup>
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

Tabla 1. Caudal de ventilación. Fuente CTE DB-HS 3

Según esta gráfica, para el aparcamiento de este proyecto, que consta de 31 plazas para coches y 6 para motos, el caudal mínimo a renovar será de 4.440 l/s, teniendo en cuenta que el valor real necesario sería algo menor, ya que las motos producen muchos menos gases tóxicos que los coches.

## 4 DISEÑO

El diseño de la red de ventilación se diseñará en función de la utilización del local en el que sea preciso la implantación de esta instalación. Para el caso de aparcamientos, el CTE propone un sistema de ventilación que puede ser natural o mecánica.

### 4.1 VENTILACIÓN NATURAL

En caso de seleccionar este tipo de ventilación será necesario disponer de aperturas mixtas al menos en dos zonas opuestas de la fachada, de forma que la distancia máxima entre cualquier punto del aparcamiento y una apertura de extracción sea inferior a 25m.

Para el dimensionamiento del presente proyecto, no es posible implantar ventilación natural ya que el aparcamiento es subterráneo, pero es importante mencionar que si existe una pequeña circulación de aire natural en el interior. Esta circulación se produce por la apertura del portón de la plataforma elevadora de coches, cada vez que un vehículo accede o abandona al recinto, lo que favorecerá la evacuación del aire interior, sin ser suficiente para la extracción de la totalidad del caudal a renovar.

### 4.2 VENTILACIÓN MECÁNICA

En este caso, la renovación de aire se llevará a cabo mediante medios auxiliares mecánicos, que en general serán equipos de ventiladores. En este caso, el CTE propone a su vez dos tipos de sistemas:

- Extracción mecánica.
- Admisión y extracción mecánica.

En el primer caso únicamente se instalará el equipo necesario para extraer los humos contaminantes, mientras que el segundo caso es más adecuado para aparcamientos subterráneos, ya que se introduce aire renovado del exterior mediante ventiladores mecánicos, que no podría entrar de otra forma en este recinto debido a sus condiciones de aislamiento con el exterior.

Para garantizar la calidad del aire anterior, este tipo de instalaciones debe satisfacer las siguientes circunstancias:

- Debe haber una apertura de admisión y otra de extracción cada 100 m<sup>2</sup>.
- La separación entre aperturas de extracción contiguas debe ser inferior a 10 m.

Además, se deberá instalar dispositivos de detección de monóxido de carbono que activen automáticamente los dispositivos de ventilación cuando se supere una concentración de 100 ppm. Para la ventilación de este aparcamiento se ha optado por una ventilación mecánica de admisión y extracción.

## 5 CONDICIONES DE LOS ELEMENTOS

Las características que deben tener los diferentes elementos de la instalación vienen descritas en el CTE:

### 5.1 CONDUCTOS DE ADMISIÓN

Los conductos de admisión deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Los conductos deben tener sección uniforme y carecer de obstáculos en todo su recorrido.
- Los conductos deben tener una forma que dificulte su ensuciamiento y deben ser practicables para su registro y limpieza.

### 5.2 CONDUCTOS DE EXTRACCIÓN

El número de redes de conductos de extracción para la ventilación mecánica se obtiene, en función del número de plazas del aparcamiento, aplicando la siguiente tabla:

Plazas $\leq$ 15	1
15 < Plazas $\leq$ 80	2
80	1 + parte entera de P/40

*Tabla 2. Número de redes de conductos de extracción. Fuente: CTE DB-HS 3*

Según la tabla, como el aparcamiento consta de 37 plazas, sería necesario aplicar la segunda condición. Por lo tanto, serán necesarios como mínimo 2 conductos de extracción en el aparcamiento.

Además, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Cada conducto debe contar con un aspirador mecánico después de la última apertura.
- La sección de cada tramo debe ser uniforme.

- Los conductos deben tener una forma que dificulte su ensuciamiento y deben ser practicables para su limpieza y registro.
- Cuando se prevea condensación, los conductos se aislarán térmicamente.
- Los conductos deben ser estancos para su presión de dimensionado.

En cuanto a la sección nominal mínima de cada tramo de un conducto contiguo a un local habitable, se obtiene aplicando la fórmula:

$$S \geq 2,5 \cdot qvt$$

'qvt' es el caudal de aire en el tramo del conducto (l/s), que es igual a la suma de todos los caudales que pasan por las aberturas de extracción que vierten al tramo;

De esta manera se consigue que el nivel sonoro continuo equivalente estandarizado ponderado producido por la instalación no sea superior a 30 dBA.

La sección nominal mínima de los conductos dispuestos en cubierta se obtiene mediante la fórmula:

$$S \geq 1,5 \cdot qvt$$

### 5.3 VENTILADORES MECÁNICOS

Los ventiladores mecánicos se dimensionan de acuerdo con el caudal extraído y para una depresión suficiente para contrarrestar las pérdidas de presión previstas del sistema.

Las pérdidas de presión se obtienen aplicando el método de pérdida de carga constante por unidad de longitud y las pérdidas de carga por unidad de longitud se obtienen aplicando la fórmula de Darcy-Weisbach, mostrada a continuación.

$$\frac{h_f}{L} = f \cdot \frac{1}{D_c} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

'hf/L' pérdida de carga por unidad de longitud;

'f' factor de fricción del conducto;

'Dc' diámetro equivalente del conducto;

'v' velocidad de circulación del aire en el interior del conducto;

'g' aceleración de la gravedad;

## 6 DIMENSIONADO

A continuación, se reflejarán los valores de cálculo obtenidos por el programa informático CypeCad MEP 2017, dimensiones y características de los elementos de la instalación de ventilación, en base al DB-HS 3 del Código Técnico de la Edificación.

Aclarar, que en la presente instalación se distinguen siete circuitos o tramos con sus correspondientes ventiladores, a fin de asegurar una correcta ventilación en la totalidad del local y el funcionamiento del resto del sistema en caso de que alguno de los circuitos sufra una avería. Se adjunta a continuación una tabla aclarativa:

	Tipo de ventilación	Tipo de ventilador	Tipo de conductos	Tipo de rejilla
TRAMO 1	Extracción	VEM 1	Conductos de extracción	Rejillas de extracción
TRAMO 2	Admisión	VA 2	Conductos de admisión	Rejillas de admisión
TRAMO 3	Admisión	VA 3	Conductos de admisión	Rejillas de admisión
TRAMO 4	Admisión	VA 4	Conductos de admisión	Rejillas de admisión
TRAMO 5	Admisión	VA 5	Conductos de admisión	Rejillas de admisión
TRAMO 6	Extracción	VEM 6	Conductos de extracción	Rejillas de extracción
TRAMO 7	Extracción	VEM 7	Conductos de extracción	Rejillas de extracción

Tabla 3. Elementos de cada tramo. Fuente: Elaboración propia

### 6.1 REJILLAS DE EXTRACCIÓN MECÁNICA

Cálculo de las aberturas de ventilación									
Local	Au (m <sup>2</sup> )	qv (l/s)	qe (l/s)	Amin (cm <sup>2</sup> )	Aberturas de ventilación				
					Núm.	Tab	qa (l/s)	Areal (cm <sup>2</sup> )	Dimensiones (mm)
Garaje	1055.8	5550.0	5550.0	2018.2	11	E	504.5	2306.3	1025 x 225
Abreviaturas utilizadas									
Au	Área útil			Núm.	Número de rejillas/aberturas iguales				
qv	Caudal de ventilación mínimo exigido.			Tab	Tipo de abertura (A: admisión, E: extracción, P: paso, M: mixta)				
qe	Caudal de ventilación equilibrado (+/- entrada/salida de aire)			qa	Caudal de ventilación de la abertura.				
Amin	Área mínima de la abertura.			Areal	Área real de la abertura.				

Tabla 4. Resultados del cálculo de las rejillas de extracción. Fuente: CypeCad MEP

## 6.2 REJILLAS DE ADMISIÓN MECÁNICA

Cálculo de las aberturas de ventilación									
Local	Au (m <sup>2</sup> )	qv (l/s)	qe (l/s)	Amin (cm <sup>2</sup> )	Aberturas de ventilación				
					Núm.	Tab	qa (l/s)	Areal (cm <sup>2</sup> )	Dimensiones (mm)
Garaje	1055.8	4440.0	4440.0	1614.5	11	A	403.6	2306.3	1025 x 225
Abreviaturas utilizadas									
Au	Área útil			Núm.	Número de rejillas/aberturas iguales				
qv	Caudal de ventilación mínimo exigido.			Tab	Tipo de abertura (A: admisión, E: extracción, P: paso, M: mixta)				
qe	Caudal de ventilación equilibrado (+/- entrada/salida de aire)			qa	Caudal de ventilación de la abertura.				
Amin	Área mínima de la abertura.			Areal	Área real de la abertura.				

Tabla 5. Resultados del cálculo de las rejillas de admisión. Fuente: CypeCad MEP

## 6.3 CONDUCTOS DE EXTRACCIÓN

En este caso, se instalarán 3 conductos de extracción y sus correspondientes ventiladores, cumpliendo sobradamente la condición del CTE del apartado 5.2. A continuación, se reflejarán los cálculos realizados para los conductos.

Cálculo de conductos de extracción tramo 1											
Tramo	qv (l/s)	Sc (cm <sup>2</sup> )	Sreal (cm <sup>2</sup> )	Dimensiones (mm)	De (cm)	v (m/s)	Lr (m)	Lt (m)	J (mm.c.a.)	Pent (mm.c.a.)	Psal (mm.c.a.)
VEM 1 - 1.1	1513.6	2270.5	2800.0	800 x 350	56.7	5.4	1.4	1.4	0.124	3.804	3.681
1.1 - 1.2	1009.1	1513.6	1750.0	500 x 350	45.5	5.8	4.4	4.4	0.542	3.681	3.139
1.2 - 1.3	504.5	756.8	875.0	350 x 250	32.2	5.8	3.6	3.6	1.453	3.139	1.685
VEM 1 - 1.4	1513.6	2270.5	2800.0	800 x 350	56.7	5.4	2.1	2.1	0.744	2.385	1.641
Abreviaturas utilizadas											
qv	Caudal de aire en el conducto				Lr	Longitud medida sobre plano					
Sc	Sección calculada				Lt	Longitud total de cálculo					
Sreal	Sección real				J	Pérdida de carga					
De	Diámetro equivalente				Pent	Presión de entrada					
v	Velocidad				Psal	Presión de salida					

Tabla 6. Resultados del cálculo de los conductos de extracción tramo 1. Fuente: CypeCad

MEP



<b>Cálculo de conductos de extracción tramo 6</b>											
Tramo	qv (l/s)	Sc (cm <sup>2</sup> )	Sreal (cm <sup>2</sup> )	Dimensiones (mm)	De (cm)	v (m/s)	Lr (m)	Lt (m)	J (mm.c.a.)	Pent (mm.c.a.)	Psal (mm.c.a.)
VEM 6 - 6.1	1513.6	2270.5	2800.0	800 x 350	56.7	5.4	1.4	1.4	0.124	3.804	3.681
6.1 - 6.2	1009.1	1513.6	1750.0	500 x 350	45.5	5.8	4.4	4.4	0.542	3.681	3.139
6.2 - 6.3	504.5	756.8	875.0	350 x 250	32.2	5.8	3.6	3.6	1.453	3.139	1.685
VEM 6 - 6.4	1513.6	2270.5	2500.0	500 x 500	54.7	6.1	2.4	2.4	0.777	2.418	1.641
Abreviaturas utilizadas											
qv	Caudal de aire en el conducto					Lr	Longitud medida sobre plano				
Sc	Sección calculada					Lt	Longitud total de cálculo				
Sreal	Sección real					J	Pérdida de carga				
De	Diámetro equivalente					Pent	Presión de entrada				
v	Velocidad					Psal	Presión de salida				

Tabla 7. Resultados del cálculo de los conductos de extracción tramo 6. Fuente: CypeCad

<b>Cálculo de conductos de extracción tramo 7</b>											
Tramo	qv (l/s)	Sc (cm <sup>2</sup> )	Sreal (cm <sup>2</sup> )	Dimensiones (mm)	De (cm)	v (m/s)	Lr (m)	Lt (m)	J (mm.c.a.)	Pent (mm.c.a.)	Psal (mm.c.a.)
VEM 7 - 7.1	2522.7	3784.1	4000.0	1000 x 400	67.4	6.3	1.4	1.4	0.137	4.037	3.900
7.1 - 7.2	2018.2	3027.3	3200.0	800 x 400	60.9	6.3	4.4	4.4	0.467	3.900	3.433
7.2 - 7.3	1513.6	2270.5	2500.0	1000 x 250	51.7	6.1	2.2	2.2	0.314	3.433	3.119
7.3 - 7.4	1009.1	1513.6	2000.0	800 x 250	47.0	5.0	2.8	2.8	0.336	3.119	2.783
7.4 - 7.5	504.5	756.8	900.0	300 x 300	32.8	5.6	2.2	2.2	1.098	2.783	1.685
VEM 7 - 7.6	2522.7	3784.1	4500.0	1000 x 450	71.9	5.6	2.6	2.6	0.886	3.732	2.846
Abreviaturas utilizadas											
qv	Caudal de aire en el conducto					Lr	Longitud medida sobre plano				
Sc	Sección calculada					Lt	Longitud total de cálculo				
Sreal	Sección real					J	Pérdida de carga				
De	Diámetro equivalente					Pent	Presión de entrada				
v	Velocidad					Psal	Presión de salida				

Tabla 8. Resultados del cálculo de los conductos de extracción tramo 7. Fuente: CypeCad

### 6.4 CONDUCTOS DE ADMISIÓN

Se instalarán 4 conductos de admisión y sus correspondientes ventiladores A continuación, se reflejarán los cálculos realizados para los conductos.

Cálculo de conductos de admisión tramo 2											
Tramo	qv (l/s)	Sc (cm <sup>2</sup> )	Sreal (cm <sup>2</sup> )	Dimensiones (mm)	De (cm)	v (m/s)	Lr (m)	Lt (m)	J (mm.c.a.)	Pent (mm.c.a.)	Psal (mm.c.a.)
VA 2 - 2.1	1210.9	1816.4	2000.0	500 x 400	48.8	6.1	2.7	2.7	0.330	5.642	5.312
2.1 - 2.2	807.3	1210.9	1250.0	500 x 250	38.1	6.5	4.7	4.7	1.900	5.312	3.412
2.2 - 2.3	403.6	605.5	625.0	250 x 250	27.3	6.5	3.8	3.8	1.986	3.412	1.425
VA 2 - 2.4	1210.9	1816.4	2000.0	500 x 400	48.8	6.1	2.4	2.4	1.707	3.286	1.579
Abreviaturas utilizadas											
qv	Caudal de aire en el conducto					Lr	Longitud medida sobre plano				
Sc	Sección calculada					Lt	Longitud total de cálculo				
Sreal	Sección real					J	Pérdida de carga				
De	Diámetro equivalente					Pent	Presión de entrada				
v	Velocidad					Psal	Presión de salida				

Tabla 9. Resultados del cálculo de los conductos de admisión tramo 2. Fuente: CypeCad  
MEP

Cálculo de conductos de admisión tramo 3											
Tramo	qv (l/s)	Sc (cm <sup>2</sup> )	Sreal (cm <sup>2</sup> )	Dimensiones (mm)	De (cm)	v (m/s)	Lr (m)	Lt (m)	J (mm.c.a.)	Pent (mm.c.a.)	Psal (mm.c.a.)
VA 3 - 3.1	1210.9	1816.4	2000.0	500 x 400	48.8	6.1	2.7	2.7	0.330	5.642	5.312
3.1 - 3.2	807.3	1210.9	1250.0	500 x 250	38.1	6.5	4.7	4.7	1.900	5.312	3.412
3.2 - 3.3	403.6	605.5	625.0	250 x 250	27.3	6.5	3.8	3.8	1.986	3.412	1.425
VA 3 - 3.4	1210.9	1816.4	2000.0	500 x 400	48.8	6.1	2.4	2.4	1.712	3.291	1.579
Abreviaturas utilizadas											
qv	Caudal de aire en el conducto					Lr	Longitud medida sobre plano				
Sc	Sección calculada					Lt	Longitud total de cálculo				
Sreal	Sección real					J	Pérdida de carga				
De	Diámetro equivalente					Pent	Presión de entrada				
v	Velocidad					Psal	Presión de salida				

Tabla 10. Resultados del cálculo de los conductos de admisión tramo 3. Fuente: CypeCad  
MEP

Cálculo de conductos de admisión tramo 4											
Tramo	qv (l/s)	Sc (cm <sup>2</sup> )	Sreal (cm <sup>2</sup> )	Dimensiones (mm)	De (cm)	v (m/s)	Lr (m)	Lt (m)	J (mm.c.a.)	Pent (mm.c.a.)	Psal (mm.c.a.)
VA 4 - 4.1	1210.9	1816.4	2000.0	500 x 400	48.8	6.1	2.7	2.7	0.330	5.642	5.312
4.1 - 4.2	807.3	1210.9	1250.0	500 x 250	38.1	6.5	4.7	4.7	1.900	5.312	3.412
4.2 - 4.3	403.6	605.5	625.0	250 x 250	27.3	6.5	3.8	3.8	1.986	3.412	1.425
VA 4 - 4.4	1210.9	1816.4	2000.0	500 x 400	48.8	6.1	2.4	2.4	1.713	3.292	1.579
Abreviaturas utilizadas											
qv	Caudal de aire en el conducto					Lr	Longitud medida sobre plano				
Sc	Sección calculada					Lt	Longitud total de cálculo				
Sreal	Sección real					J	Pérdida de carga				
De	Diámetro equivalente					Pent	Presión de entrada				
v	Velocidad					Psal	Presión de salida				

Tabla 11. Resultados del cálculo de los conductos de admisión tramo 4. Fuente: CypeCad  
MEP

Cálculo de conductos de admisión 5											
Tramo	qv (l/s)	Sc (cm <sup>2</sup> )	Sreal (cm <sup>2</sup> )	Dimensiones (mm)	De (cm)	v (m/s)	Lr (m)	Lt (m)	J (mm.c.a.)	Pent (mm.c.a.)	Psal (mm.c.a.)
VA 5 - 5.1	807.3	1210.9	1600.0	400 x 400	43.7	5.0	2.7	2.7	0.264	4.029	3.765
5.1 - 5.2	403.6	605.5	625.0	250 x 250	27.3	6.5	4.7	4.7	2.340	3.765	1.425
VA 5 - 5.3	807.3	1210.9	1250.0	500 x 250	38.1	6.5	2.8	2.8	1.330	2.567	1.237
Abreviaturas utilizadas											
qv	Caudal de aire en el conducto					Lr	Longitud medida sobre plano				
Sc	Sección calculada					Lt	Longitud total de cálculo				
Sreal	Sección real					J	Pérdida de carga				
De	Diámetro equivalente					Pent	Presión de entrada				
v	Velocidad					Psal	Presión de salida				

Tabla 12. Resultados del cálculo de los conductos de admisión tramo 5. Fuente: CypeCad  
MEP

## 6.5 VENTILADORES

En cuanto a los ventiladores necesarios para la materialización de la ventilación mecánica, serán precisos siete ventiladores, tres de ellos para extracción y cuatro para admisión. Las características de estos serán las siguientes:

Cálculo de ventiladores		
Referencia	Caudal (l/s)	Presión (mm.c.a.)
VEM 1	1513.6	6.189
VA 2	1210.9	8.928
VA 3	1210.9	8.933
VA 4	1210.9	8.934
VA 5	807.3	6.596
VEM 6	1513.6	6.222
VEM 7	2522.7	7.769

Tabla 13. Características de los ventiladores. Fuente: CypeCad MEP

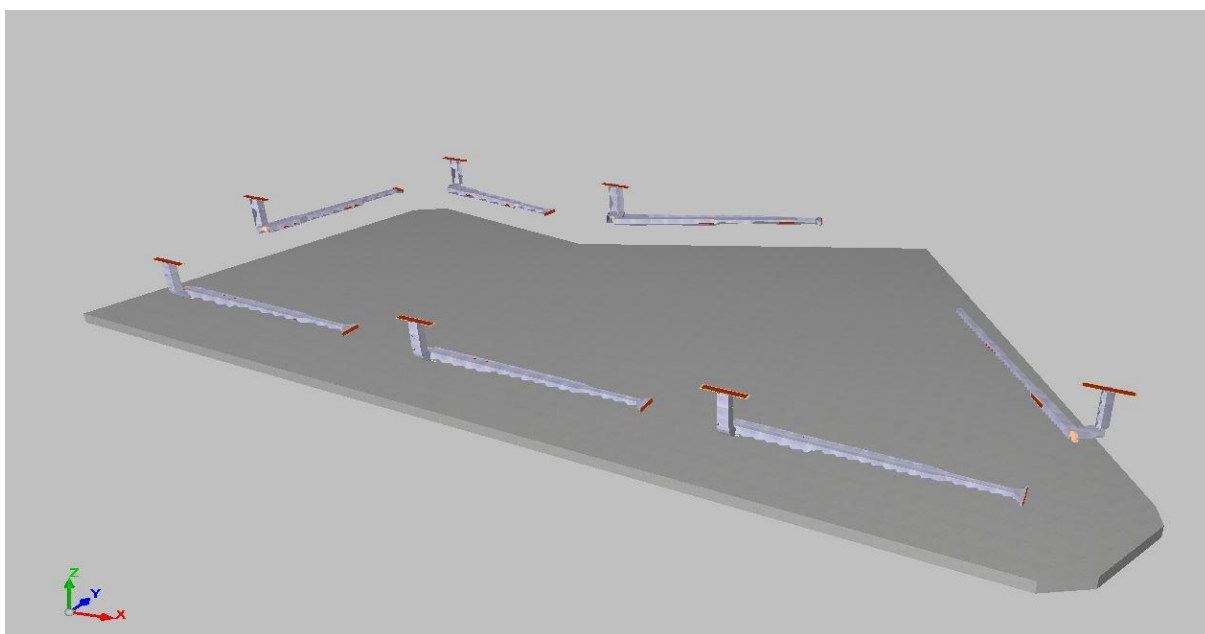


Figura 1. Vista 3D de la instalación de ventilación. Fuente: CypeCad MEP

Para verificar que los aparatos cumplen con las condiciones para el caudal de ventilación, marcadas por el DB-HS 3, se realiza la siguiente comprobación, donde se compara el caudal de ventilación mínimo exigido por la norma ( $Q_v \text{ min} \geq 4.440 \text{ l/s}$ ) con el caudal de admisión y extracción de los ventiladores.

### 6.5.1 COMPROBACIÓN DEL CAUDAL DE ADMISIÓN

$$Q_a = Q_{a2} + Q_{a3} + Q_{a4} + Q_{a5}$$

$$Q_a = 1.210,9 + 1.210,9 + 1.210,9 + 807,3$$

$$Q_a = 4.440 \text{ l/s}$$

$$Q_a \geq Q_v$$

$$4.440 \text{ l/s} = 4.440 \text{ l/s}$$

Cumple en la condición más crítica, aunque esto no supone un problema, porque como ya se ha comentado antes, el caudal de ventilación de la norma viene dado por el número de plazas para vehículos, las que en nuestro caso serán 37, siendo 6 de ellas plazas para motos, las que generan un número de gases tóxicos bastante inferiores a los que producen los coches.

Además, se sabe que la plataforma elevadora supondrá una pequeña fuente entrada de aire limpio al interior, así como, las escaleras de acceso a la cubierta transitable.

### 6.5.2 COMPROBACIÓN DEL CAUDAL DE EXTRACCIÓN

$$Q_e = Q_{e1} + Q_{e6} + Q_{e7}$$

$$Q_e = 1.513,6 + 1.513,6 + 2.522,7$$

$$Q_e = 5.550 \text{ l/s}$$

$$Q_e \geq Q_v$$

$$2018,2 + 3531,8 \geq Q_v$$

$$5.550 > 4.440$$

Los aparatos de extracción cumplen sobradamente las condiciones marcadas por el DB HS 3, por lo que la instalación está dimensionada correctamente.

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 10- ILUMINACIÓN***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	285
2	NORMATIVA .....	285
3	CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-SUA 4: SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR ILUMINACIÓN INADECUADA.....	285
3.1	ILUMINACIÓN EN ZONAS DE CIRCULACIÓN .....	285
3.2	ALUMBRADO DE EMERGENCIA.....	286
3.3	DISPOSICIÓN DE LAS LUMINARIAS.....	286
3.4	CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN:.....	286
3.5	CONDICIONES DE SERVICIO QUE SE DEBEN GARANTIZAR (1 HORA DESDE FALLO):.....	287
3.6	ILUMINACIÓN DE LAS SEÑALES DE SEGURIDAD: .....	287
4	CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA BÁSICA HE 3: EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN.....	287
4.1	VALOR DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN .....	288
4.2	POTENCIA INSTALADA EN EL EDIFICIO.....	289
4.3	INFORMACIÓN RELATIVA AL EDIFICIO .....	289
4.4	COMPROBACIONES.....	290
5	CÁLCULOS LUMÍNICOS .....	291
5.1	ALUMBRADO INTERIOR.....	291
5.1.1	RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL RECINTO 1: APARCAMIENTO .....	291
5.1.2	RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL RECINTO 2: VESTÍBULO DE INDEPENDENCIA .....	295
5.1.3	RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL RECINTO 3: CUARTO DE INSTALACIONES.....	299
5.1.4	RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL RECINTO 4: ESCALERAS.....	303
5.2	ALUMBRADO EXTERIOR .....	313
5.3	CARACTERÍSTICAS DE LAS LUMINARIAS Y CURVAS FOTOMÉTRICAS .....	317
5.3.1	CARACTERÍSTICAS DE LA LUMINARIA DE INTERIOR.....	317
5.3.2	CARACTERÍSTICAS DE LA LUMINARIA DE EXTERIOR.....	322

## 1 INTRODUCCIÓN

Mediante este anejo se expondrán los cálculos realizados para dimensionar las instalaciones de iluminación, tanto interior como exterior del edificio.

El sistema de iluminación estará formado por un alumbrado exterior, dispuesto en las calles de acceso al edificio y por el alumbrado interior del edificio, dividido en las diferentes estancias del mismo. Para garantizar el correcto diseño de la iluminación, se debe garantizar el cumplimiento de las exigencias del Código Técnico de la Edificación.

## 2 NORMATIVA

Para realizar el diseño de las instalaciones de iluminación, la legislación aplicable será la siguiente:

Para el diseño de las instalaciones de iluminación, la legislación aplicable será la siguiente:

- Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico Seguridad en Utilización y Accesibilidad sección HE 3, Eficiencia energética de las Instalaciones de iluminación y SUA 4, Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada.
- Reglamento eléctrico para baja tensión (Real Decreto 842/2002)
- Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico Ahorro de energía apartado tercero: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.

## 3 CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-SUA 4: SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR ILUMINACIÓN INADECUADA

### 3.1 ILUMINACIÓN EN ZONAS DE CIRCULACIÓN

Zona			NORMA	PROYECTO
			Iluminancia mínima [lux]	
Exterior	Exclusiva para personas	Escaleras	20	-
		Resto de zonas	20	111
	Para vehículos o mixtas	20	-	
Interior	Exclusiva para personas	Escaleras	100	158
		Resto de zonas	100	125
	Para vehículos o mixtas	50	50.2	
Factor de uniformidad media			$f_u \geq 40 \%$	63 %

Tabla 1. Riesgo por iluminación inadecuada. Fuente CypeCad MEP



### 3.2 ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Contarán con alumbrado de emergencia las zonas y los elementos siguientes:

<input checked="" type="checkbox"/>	Recorridos de evacuación
<input checked="" type="checkbox"/>	Aparcamientos cuya superficie construida exceda de 100 m <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/>	Locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección
<input type="checkbox"/>	Locales de riesgo especial
<input checked="" type="checkbox"/>	Lugares en los que se ubican cuadros de distribución o de accionamiento de la instalación de alumbrado
<input checked="" type="checkbox"/>	Las señales de seguridad

*Tabla 2. Zonas con iluminación de emergencia. Fuente CypeCad MEP*

### 3.3 DISPOSICIÓN DE LAS LUMINARIAS

	NORMA	PROYECTO
Altura de colocación	$h \geq 2 \text{ m}$	$H = 2.60 \text{ m}$

*Tabla 3. Altura de colocación. Fuente CypeCad MEP*

Se dispondrá, como mínimo, una luminaria en los siguientes puntos:

<input checked="" type="checkbox"/>	Cada puerta de salida.
<input checked="" type="checkbox"/>	Señalando el emplazamiento de un equipo de seguridad.
<input checked="" type="checkbox"/>	Puertas existentes en los recorridos de evacuación.
<input checked="" type="checkbox"/>	Escaleras (cada tramo recibe iluminación directa).
<input checked="" type="checkbox"/>	En cualquier cambio de nivel.
<input checked="" type="checkbox"/>	En los cambios de dirección y en las intersecciones de pasillos.

*Tabla 4. Puntos de colocación. Fuente CypeCad MEP*

### 3.4 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN:

- Será fija
- Dispondrá de fuente propia de energía
- Entrará en funcionamiento al producirse un fallo de alimentación en las zonas de alumbrado normal
- El alumbrado de emergencia en las vías de evacuación debe alcanzar, al menos, el 50% del nivel de iluminación requerido al cabo de 5 segundos y el 100% a los 60 segundos.

### 3.5 CONDICIONES DE SERVICIO QUE SE DEBEN GARANTIZAR (1 HORA DESDE FALLO):

		NORMA	PROYECTO
☒ Vías de evacuación de anchura $\leq 2\text{m}$	Iluminancia en el eje central	$\geq 1 \text{ lux}$	1.64 luxes
	Iluminancia en la banda central	$\geq 0.5 \text{ luxes}$	1.54 luxes
☒ Relación entre iluminancia máxima y mínima a lo largo de la línea central		$\leq 40:1$	2:1
Puntos donde estén situados: equipos de seguridad, instalaciones de protección contra incendios y cuadros de distribución del alumbrado.		Iluminancia $\geq 5 \text{ luxes}$	18.77 luxes
Valor mínimo del Índice de Rendimiento Cromático (Ra)		$Ra \geq 40$	$Ra = 80.00$

Tabla 5. Condiciones de servicio. Fuente CypeCad MEP

### 3.6 ILUMINACIÓN DE LAS SEÑALES DE SEGURIDAD:

		NORMA	PROYECTO
☒ Luminancia de cualquier área de color de seguridad		$\geq 2 \text{ cd/m}^2$	$3 \text{ cd/m}^2$
☒ Relación entre la luminancia máxima/mínima dentro del color blanco o de seguridad		$\leq 10:1$	10:1
☒ Relación entre la luminancia $L_{\text{blanca}}$ , y la luminancia $L_{\text{color}} > 10$		$\geq 5:1$	-
		$\leq 15:1$	10:1
☒ Tiempo en el que se debe alcanzar cada nivel de iluminación	$\geq 50\%$	$\leq 5 \text{ s}$	5 s
	100%	$\leq 60 \text{ s}$	60 s

Tabla 6. Iluminación de las señales de seguridad. Fuente CypeCad MEP

## 4 CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA BÁSICA HE 3: EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

Se aplica a las instalaciones de iluminación interior en:

- Edificios de nueva construcción.
- Intervenciones en edificios ya existentes con una superficie útil total final superior a  $1000 \text{ m}^2$ , donde se renueve más del 25% de la superficie iluminada.
- Otras intervenciones en edificios existentes en las que se renueve o amplíe una parte de la instalación renovada o ampliada para que se cumplan los valores de eficiencia energética límite en función de la actividad y, cuando la renovación afecte a zonas del edificio para las cuales se establezca la obligatoriedad de sistemas de control o regulación, se dispondrán estos sistemas.
- Cambios de uso características del edificio.

#### 4.1 VALOR DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m<sup>2</sup>) por cada 100 lux mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = (P \times 100) / (S \times E_m)$$

P la potencia de la *lámpara* más el *equipo auxiliar* [W];

S la superficie iluminada [m<sup>2</sup>];

E<sub>m</sub> la *iluminancia media horizontal mantenida* [lux]

Los valores de eficiencia energética límite en recintos interiores de un edificio se establecen en la siguiente tabla, estos valores incluyen iluminación general y la iluminación de acento, pero no las instalaciones de iluminación de escaparates y zonas expositivas.

Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
administrativo en general	3,0
andenes de estaciones de transporte	3,0
pabellones de exposición o ferias	3,0
salas de diagnóstico <sup>(1)</sup>	3,5
aulas y laboratorios <sup>(2)</sup>	3,5
habitaciones de hospital <sup>(3)</sup>	4,0
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes <sup>(4)</sup>	4,0
almacenes, archivos, <i>salas técnicas</i> y cocinas	4,0
aparcamientos	4,0
espacios deportivos <sup>(5)</sup>	4,0
estaciones de transporte <sup>(6)</sup>	5,0
supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
centros comerciales (excluidas tiendas) <sup>(7)</sup>	6,0
hostelería y restauración <sup>(8)</sup>	8,0
religioso en general	8,0
salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias <sup>(9)</sup>	8,0
tiendas y pequeño comercio	8,0
habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5

<sup>(1)</sup> Espacios utilizados por cualquier persona o usuario, como recibidor, vestíbulos, pasillos, escaleras, espacios de tránsito de personas, aseos públicos, etc.

<sup>(2)</sup> Incluye la instalación de iluminación del aula y las pizarras de las aulas de enseñanza, aulas de práctica de ordenador, música, laboratorios de lenguaje, aulas de dibujo técnico, aulas de prácticas y laboratorios, manualidades, talleres de enseñanza y aulas de arte, aulas de preparación y talleres, aulas comunes de estudio y aulas de reunión, aulas clases nocturnas y educación de adultos, salas de lectura, guarderías, salas de juegos de guarderías y sala de manualidades.

<sup>(3)</sup> Incluye la instalación de iluminación interior de la habitación y baño, formada por iluminación general, iluminación de lectura e iluminación para exámenes simples.

<sup>(4)</sup> Incluye la instalación de iluminación general de salas como salas de examen general, salas de emergencia, salas de escaner y radiología, salas de examen ocular y auditivo y salas de tratamiento. Sin embargo quedan excluidos locales como las salas de operación, quirófanos, unidades de cuidados intensivos, dentista, salas de descontaminación, salas de autopsias y mortuorios y otras salas que por su actividad puedan considerarse como salas especiales.

<sup>(5)</sup> Incluye las instalaciones de iluminación del terreno de juego y graderíos de espacios deportivos, tanto para actividades de entrenamiento y competición, pero no se incluye las instalaciones de iluminación necesarias para las retransmisiones televisadas. Los graderíos serán asimilables a zonas comunes del grupo 1

<sup>(6)</sup> Espacios destinados al tránsito de viajeros como recibidor de terminales, salas de llegadas y salidas de pasajeros, salas de recogida de equipajes, áreas de conexión, de ascensores, áreas de mostradores de taquillas, facturación e información, áreas de espera, salas de consigna, etc.

<sup>(7)</sup> Incluye la instalación de iluminación general y de acento. En el caso de cines, teatros, salas de conciertos, etc. se excluye la iluminación con fines de espectáculo, incluyendo la representación y el escenario.

<sup>(8)</sup> Incluye los espacios destinados a las actividades propias del servicio al público como recibidor, recepción, restaurante, bar, comedor, auto-servicio o buffet, pasillos, escaleras, vestuarios, servicios, aseos, etc.

<sup>(9)</sup> Incluye la instalación de iluminación general y de acento de recibidor, recepción, pasillos, escaleras, vestuarios y aseos de los centros comerciales.

Tabla 7. Valores límite de la eficiencia energética de la instalación. Fuente: CTE-HE3

El valor que nos interesa de esta tabla, no marca el VEEI límite explícitamente, por lo que para este caso de estudio se tomará el valor de 4,0 correspondiente a “recintos interiores no descritos en este listado”.

### 4.2 POTENCIA INSTALADA EN EL EDIFICIO

La potencia instalada en iluminación, teniendo en cuenta la potencia de lámparas y equipos auxiliares, no superará los valores especificado en la tabla siguiente:

Uso del edificio	Potencia máxima instalada [W/m2]
Administrativo	12
Aparcamiento	5
Comercial	15
Docente	15
Hospitalario	15
Restauración	18
Auditorios, teatros, cines	15
Residencial Público	12
Otros	10
Edificios con nivel de iluminación superior a 600lux	25

Tabla 8. Potencia máxima de instalación. Fuente CTE-HE3

De esta tabla se obtiene el valor de la potencia máxima instalada, 5 w/m<sup>2</sup>, la cual se aplicará en la fórmula del apartado 4.1.

### 4.3 INFORMACIÓN RELATIVA AL EDIFICIO

Tipo de uso: Aparcamiento				
Potencia límite: 5.00 W/m <sup>2</sup>				
Planta	Nº Recinto	Recinto	Superficie iluminada	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.
			S(m <sup>2</sup> )	P (W)
Sótano	1	Aparcamiento	1042	2463.50
Sótano	2	Vestíbulo de independencia	7	46.00
Planta baja	3	Cuarto de instalaciones	2	36.00
Sótano	4	Escaleras	12	50.9
TOTAL			1063	2596.40
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada: P <sub>tot</sub> /S <sub>tot</sub> (W/m <sup>2</sup> ): 2.44				

Tabla 9. Potencia instalada en el edificio

#### 4.4 COMPROBACIONES

Zona de actividad diferenciada: Aparcamiento										
VEEI máximo admisible: 4.00 W/m <sup>2</sup>										
Planta	Recinto	Índice del local	Número de puntos considerados en el proyecto	Factor de mantenimiento previsto	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.	Eficiencia de las lámparas utilizadas en el local	Valor de eficiencia energética de la instalación	Iluminancia media horizontal mantenida	Índice de deslumbramiento unificado	Índice de rendimiento de color de las lámparas
K	n	Fm	P (W)	Lm/W	VEEI (W/m <sup>2</sup> )	Em (lux)	UGR	Ra		
Sótano	Aparcamiento (Garaje)	5	117	0.60	2463.50	7.29	2.96	79.82	28.0	85.0

Tabla 10. Eficiencia energética del aparcamiento. Fuente CypeCad MEP

Zona de actividad diferenciada: Zonas comunes										
VEEI máximo admisible: 6.00 W/m <sup>2</sup>										
Planta	Recinto	Índice del local	Número de puntos considerados en el proyecto	Factor de mantenimiento previsto	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.	Eficiencia de las lámparas utilizadas en el local	Valor de eficiencia energética de la instalación	Iluminancia media horizontal mantenida	Índice de deslumbramiento unificado	Índice de rendimiento de color de las lámparas
K	n	Fm	P (W)	Lm/W	VEEI (W/m <sup>2</sup> )	Em (lux)	UGR	Ra		
Sótano	Escaleras (Escaleras)	1	36	0.80	50.90	46.1	1.96	217.00	18.0	85.0
Sótano	Vestíbulo (Vestíbulo de independencia)	1	15	0.80	46.00	69.56	4.83	136.08	0.0	85.0

Tabla 11. Eficiencia energética de las zonas comunes. Fuente CypeCad MEP

Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas										
VEEI máximo admisible: 4.00 W/m <sup>2</sup>										
Planta	Recinto	Índice del local	Número de puntos considerados en el proyecto	Factor de mantenimiento previsto	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.	Eficiencia de las lámparas utilizadas en el local	Valor de eficiencia energética de la instalación	Iluminancia media horizontal mantenida	Índice de deslumbramiento unificado	Índice de rendimiento de color de las lámparas
K	n	Fm	P (W)	Lm/W	VEEI (W/m <sup>2</sup> )	Em (lux)	UGR	Ra		
Planta baja	Cuarto de instalaciones (Cuarto técnico)	1	7	0.80	36.00	66.67	2.72	680.28	0.0	85.0

Tabla 12. Eficiencia energética del cuarto de instalaciones. Fuente CypeCad MEP

## 5 CÁLCULOS LUMÍNICOS

A continuación, se adjuntan los cálculos realizados mediante los programas Dialux Evo y CypeCad MEP en su módulo de iluminación. Se han utilizado dos programas ya que CypeCad presenta algunas limitaciones en cuanto a planos de incidencia de la iluminación y modelos de luminarias. Por lo tanto, a continuación, se presenta una tabla aclarativa de los programas utilizados para los cálculos realizados:

CypeCad MEP	Dialux Evo
Aparcamiento (zona de circulación)	Escaleras
Vestíbulo de independencia	Alumbrado exterior de la cubierta
Cuarto de instalaciones	

Tabla 13. Resumen de los cálculos realizados

### 5.1 ALUMBRADO INTERIOR

#### 5.1.1 RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL RECINTO 1: APARCAMIENTO

RECINTO			
<b>Referencia:</b> Aparcamiento	<b>Planta:</b>	Sótano	
<b>Superficie:</b> 1042.0 m <sup>2</sup>	<b>Altura libre:</b>	2.60 m	<b>Volumen:</b> 2709.2 m <sup>3</sup>

Tabla 14. Características del recinto aparcamiento

Alumbrado normal	
<b>Altura del plano de trabajo:</b>	0.85 m
<b>Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):</b>	1.20 m
<b>Coefficiente de reflectancia en suelos:</b>	0.30
<b>Coefficiente de reflectancia en paredes:</b>	0.50
<b>Coefficiente de reflectancia en techos:</b>	0.80
<b>Factor de mantenimiento:</b>	0.60
<b>Índice del local (K):</b>	4.79
<b>Número mínimo de puntos de cálculo:</b>	25

Tabla 15. Características del recinto aparcamiento

**Disposición de las luminarias**

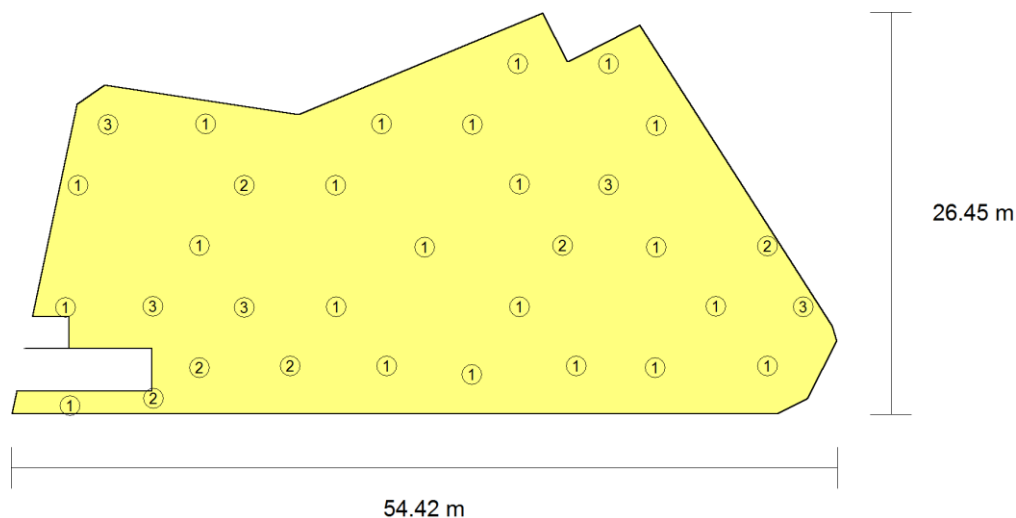


Figura 1. Disposición de las luminarias del aparcamiento

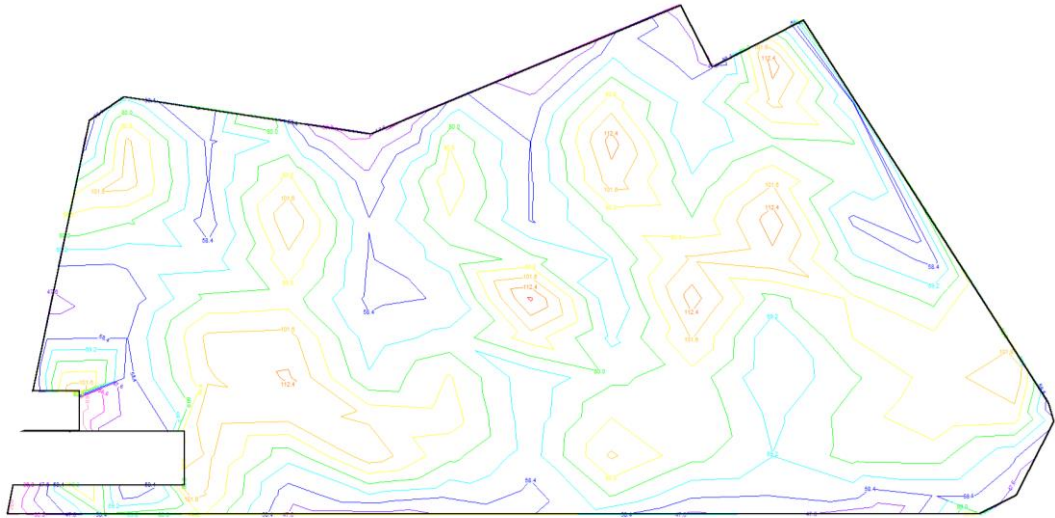
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/W)	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
1	22	Luminaria, de 1594x165x125 mm para 2 lámparas fluorescentes T5 de 35 W	6600	4	89	22 x 75.0
2	6	Luminaria, de 1294x165x125 mm para 2 lámparas fluorescentes T5 de 28 W	5200	14	90	6 x 61.0
3	5	Luminaria, de 1594x110x113 mm para 1 lámpara fluorescente T5 de 80 W	6150	14	90	5 x 89.5
						<b>Total = 2463.5 W</b>

Tabla 16. Cálculo de potencia instalada en el aparcamiento

Valores de cálculo obtenidos	
<b>Iluminancia mínima:</b>	50.21 lux
<b>Iluminancia media horizontal mantenida:</b>	79.82 lux
<b>Índice de deslumbramiento unificado (UGR):</b>	28.00
<b>Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):</b>	2.96 W/m <sup>2</sup>
<b>Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada:</b>	2.36 W/m <sup>2</sup>
<b>Factor de uniformidad:</b>	62.91 %
<b>Índice de rendimiento cromático:</b>	85.00

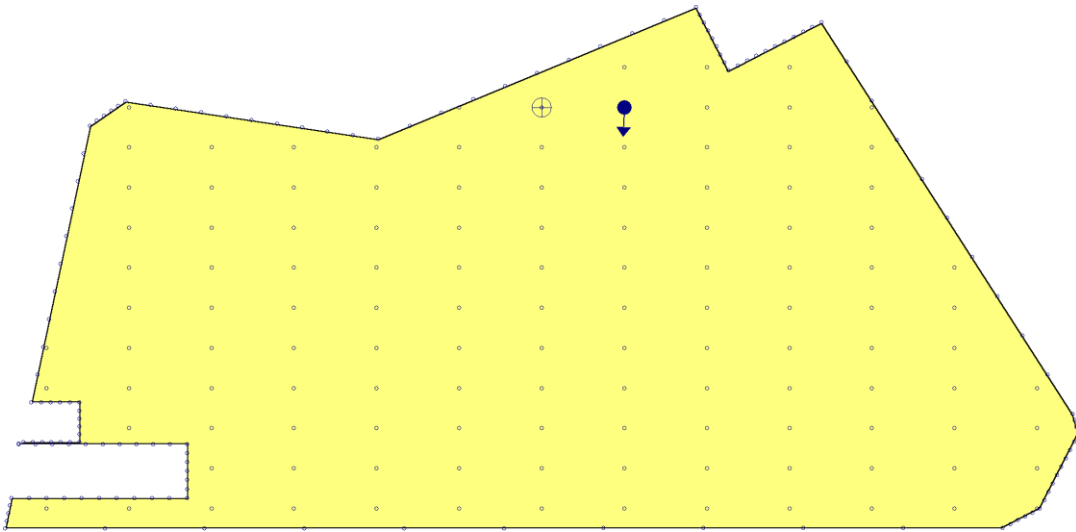
Tabla 17. Valores de cálculo obtenidos para el recinto aparcamiento

**Valores calculados de iluminancia**



*Figura 2. Valores calculados de iluminación del aparcamiento*

**Posición de los valores calculados**



*Figura 3. Posición de los valores pésimos del aparcamiento*

- ⊕ Iluminancia mínima (51.36 lux)
- ↓ Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 28.00)
- Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 276)



Alumbrado de emergencia	
<b>Coefficiente de reflectancia en suelos:</b>	0.00
<b>Coefficiente de reflectancia en paredes:</b>	0.00
<b>Coefficiente de reflectancia en techos:</b>	0.00
<b>Factor de mantenimiento:</b>	0.60
<b>Índice de rendimiento cromático:</b>	80.00

Tabla 18. Características del aparcamiento. Emergencia

**Disposición de las luminarias**

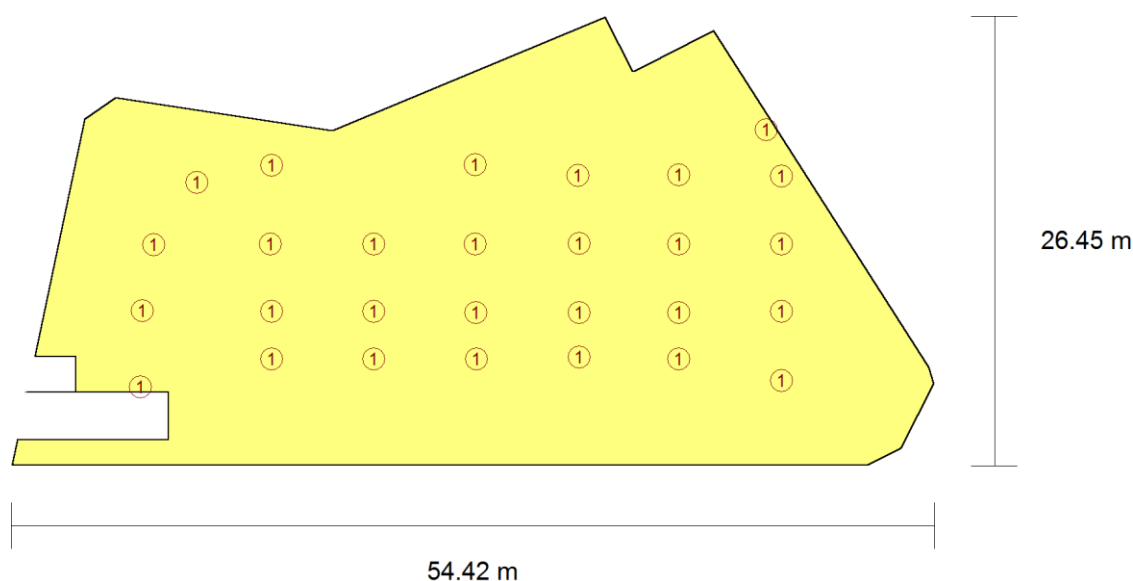


Figura 4. Disposición de las luminarias de emergencia del aparcamiento

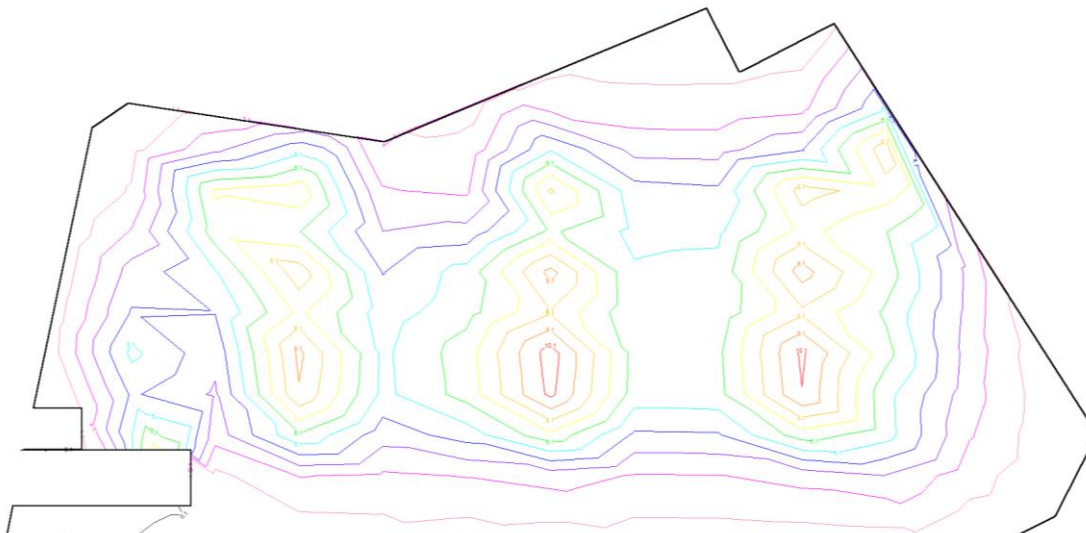
Nº	Cantidad	Descripción
1	28	Luminaria de emergencia estanca, con tubo lineal fluorescente, 8 W - G5, flujo luminoso 240 lúmenes

Tabla 19. Luminarias de emergencia instaladas en el aparcamiento

Valores de cálculo obtenidos	
<b>Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación:</b>	1.64 lux
<b>Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación:</b>	1.54 lux
<b>Relación iluminancia máxima/mínima (eje central vías evacuación):</b>	6.01
<b>Altura sobre el nivel del suelo:</b>	2.60 m

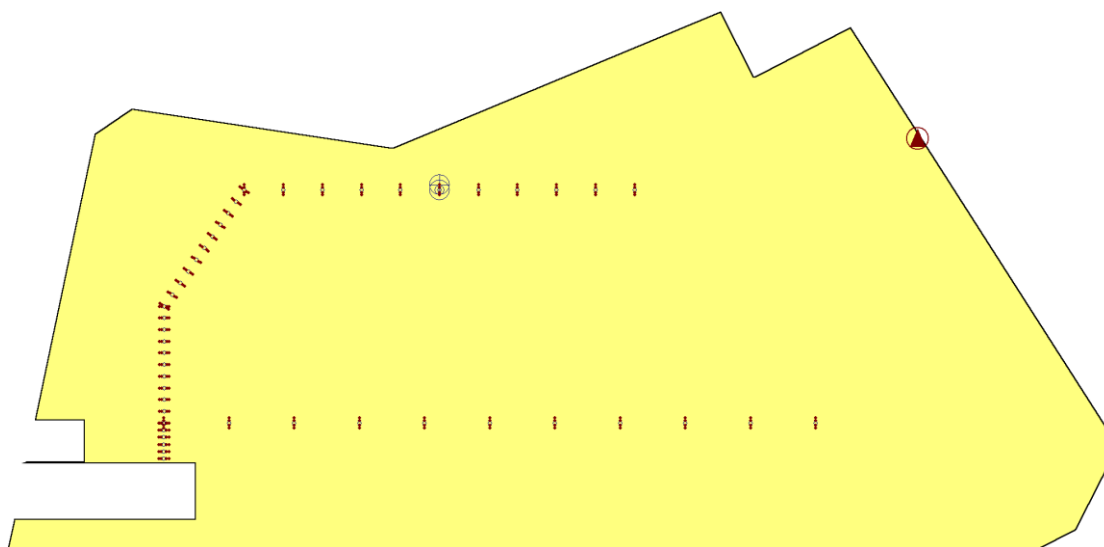
Tabla 20. Valores de cálculo obtenidos para el alumbrado de emergencia

**Valores calculados de iluminancia**



*Figura 5. Valores calculados de iluminación de emergencia del aparcamiento*

**Posición de los valores pésimos calculados**



*Figura 6. Posición de los valores de emergencia pésimos del aparcamiento*

- ⊙ Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación (1.09 lux)
- ⊕ Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación (1.02 lux)
- ⊙ Punto de comprobación en el eje central de las vías de evacuación (Número de puntos de cálculo: 50)
- Punto de comprobación en la banda central de las vías de evacuación (Número de puntos de cálculo: 200)
- ▲ Equipos de seguridad, de protección o cuadros de distribución de alumbrado (Número de puntos de cálculo: 1)
- ▲ Iluminancia pésima en equipos de protección/seguridad (12.72 lux)

### 5.1.2 RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL RECINTO 2: VESTÍBULO DE INDEPENDENCIA

RECINTO			
<b>Referencia:</b> Vestíbulo de independencia	<b>Planta:</b>	Sótano	
<b>Superficie:</b> 6.95 m <sup>2</sup>	<b>Altura libre:</b>	2.60 m	<b>Volumen:</b> 18.07 m <sup>3</sup>

Tabla 21. Características del recinto vestíbulo de independencia

Alumbrado normal	
<b>Altura del plano de trabajo:</b>	0.85 m
<b>Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):</b>	1.20 m
<b>Coefficiente de reflectancia en suelos:</b>	0.30
<b>Coefficiente de reflectancia en paredes:</b>	0.50
<b>Coefficiente de reflectancia en techos:</b>	0.80
<b>Factor de mantenimiento:</b>	0.80
<b>Índice del local (K):</b>	0.49
<b>Número mínimo de puntos de cálculo:</b>	4

Tabla 22. Características del recinto vestíbulo de independencia

#### Disposición de las luminarias

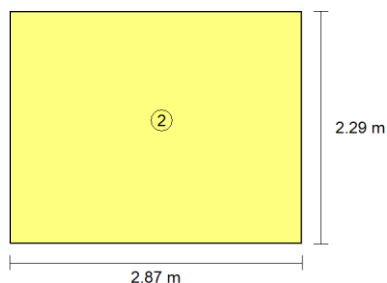


Figura 7. Disposición de las luminarias del vestíbulo

Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/W)	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
4	1	Luminaria suspendida tipo Downlight, de 320 mm de diámetro y 355 mm de altura, para lámpara fluorescente triple TC-TEL de 42 W, modelo Miniyes 1x42W TC-TEL Reflector "LAMP"	3200	69.6	86	1 x 46.0
						<b>Total = 46.0 W</b>

Tabla 23. Cálculo de potencia instalada en el vestíbulo

Valores de cálculo obtenidos	
<b>Iluminancia mínima:</b>	124.66 lux
<b>Iluminancia media horizontal mantenida:</b>	136.08 lux
<b>Índice de deslumbramiento unificado (UGR):</b>	0.00
<b>Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):</b>	5.10 W/m <sup>2</sup>
<b>Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada:</b>	7.02 W/m <sup>2</sup>
<b>Factor de uniformidad:</b>	91.61 %

Tabla 24. Valores de cálculo obtenidos para el recinto vestíbulo

**Valores calculados de iluminancia**

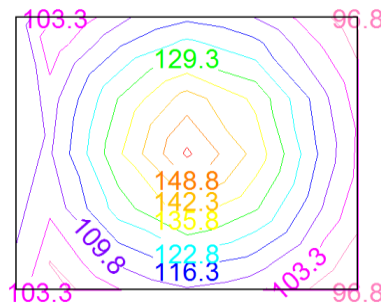


Figura 8. Valores calculados de iluminación del vestíbulo

**Posición de los valores pésimos calculados**

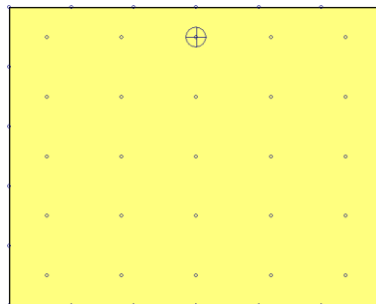


Figura 9. Posición de los valores pésimos del vestíbulo

- ⊕ Iluminancia mínima (124.66 lux)
- Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 47)

Alumbrado de emergencia	
<b>Coeficiente de reflectancia en suelos:</b>	0.00
<b>Coeficiente de reflectancia en paredes:</b>	0.00
<b>Coeficiente de reflectancia en techos:</b>	0.00
<b>Factor de mantenimiento:</b>	0.80
<b>Índice de rendimiento cromático:</b>	80.00

Tabla 25. Características del vestíbulo. Emergencia

**Disposición de las luminarias**

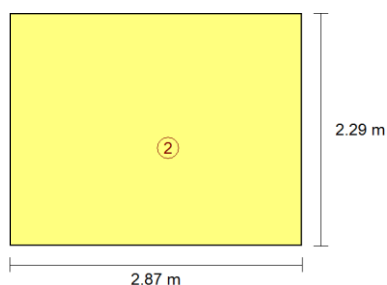


Figura 10. Disposición de las luminarias de emergencia del vestíbulo

Nº	Cantidad	Descripción
2	1	Luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 155 lúmenes

Tabla 26. Luminarias de emergencia instaladas en el vestíbulo

Valores de cálculo obtenidos	
<b>Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación:</b>	2.84 lux
<b>Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación:</b>	2.84 lux
<b>Relación iluminancia máxima/mínima (eje central vías evacuación):</b>	1.72
<b>Altura sobre el nivel del suelo:</b>	2.61 m

Tabla 27. Valores de cálculo obtenidos para el alumbrado de emergencia

**Valores calculados de iluminancia**

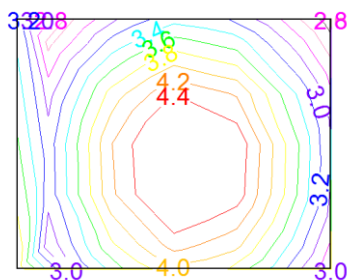


Figura 11. Valores calculados de iluminación de emergencia del vestíbulo

**Posición de los valores pésimos calculados**

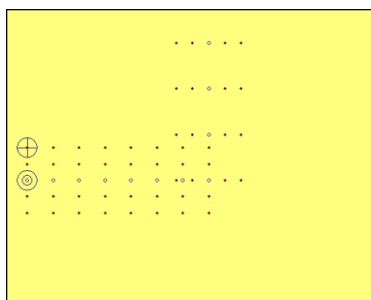


Figura 12. Posición de los valores de emergencia pésimos del vestíbulo

- ⊙ Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación (2.84 lux)
- ⊕ Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación (2.84 lux)
- Punto de comprobación en el eje central de las vías de evacuación (Número de puntos de cálculo: 12)
- Punto de comprobación en la banda central de las vías de evacuación (Número de puntos de cálculo: 48)

**5.1.3 RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL RECINTO 3: CUARTO DE INSTALACIONES**

RECINTO			
<b>Referencia:</b>	Cuarto de instalaciones	<b>Planta:</b>	Planta baja
<b>Superficie:</b>	1.95 m <sup>2</sup>	<b>Altura libre:</b>	2.00 m
		<b>Volumen:</b>	3.9 m <sup>3</sup>

Tabla 28. Características del recinto cuarto de instalaciones

Alumbrado normal	
<b>Altura del plano de trabajo:</b>	0.85 m
<b>Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):</b>	1.20 m
<b>Coefficiente de reflectancia en suelos:</b>	0.30
<b>Coefficiente de reflectancia en paredes:</b>	0.50
<b>Coefficiente de reflectancia en techos:</b>	0.80
<b>Factor de mantenimiento:</b>	0.80
<b>Índice del local (K):</b>	1.10
<b>Número mínimo de puntos de cálculo:</b>	9

Tabla 29. Características del recinto cuarto de instalaciones

**Disposición de las luminarias**

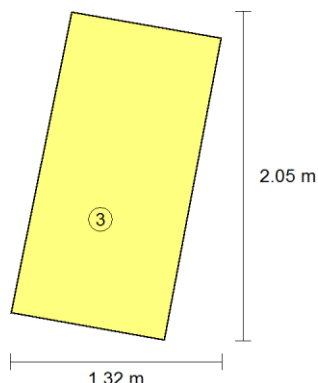


Figura 13. Disposición de las luminarias del cuarto de instalaciones

Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/W)	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
5	1	Luminaria de techo Downlight, de 240 mm de diámetro y 150 mm de altura, para 2 lámparas fluorescentes compactas dobles TC-D de 18 W	2400	67	39	1 x 36.0
						<b>Total = 36.0 W</b>

Tabla 30. Cálculo de potencia instalada en el cuarto de instalaciones

Valores de cálculo obtenidos	
<b>Iluminancia mínima:</b>	446.76 lux
<b>Iluminancia media horizontal mantenida:</b>	680.28 lux
<b>Índice de deslumbramiento unificado (UGR):</b>	0.00
<b>Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):</b>	2.80 W/m <sup>2</sup>
<b>Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada:</b>	19.51 W/m <sup>2</sup>
<b>Factor de uniformidad:</b>	65.67 %

Tabla 31. Valores de cálculo obtenidos para el recinto cuarto de instalaciones

**Valores calculados de iluminancia**

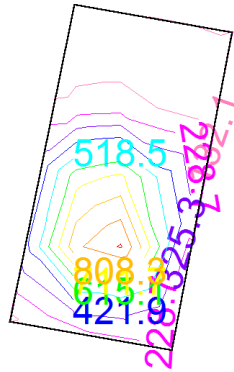


Figura 14. Valores calculados de iluminación del cuarto de instalaciones

**Posición de los valores pésimos calculados**

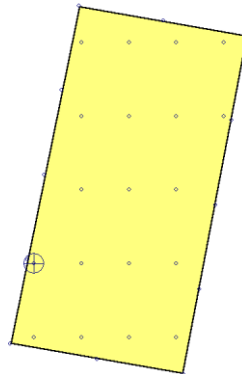


Figura 15. Posición de los valores pésimos del cuarto de instalaciones

- ⊕ Iluminancia mínima (446.76 lux)
- Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 31)

<b>Alumbrado de emergencia</b>	
<b>Coefficiente de reflectancia en suelos:</b>	0.00
<b>Coefficiente de reflectancia en paredes:</b>	0.00
<b>Coefficiente de reflectancia en techos:</b>	0.00
<b>Factor de mantenimiento:</b>	0.80
<b>Índice de rendimiento cromático:</b>	80.00

Tabla 32. Características del cuarto de instalaciones. Emergencia



**Disposición de las luminarias**

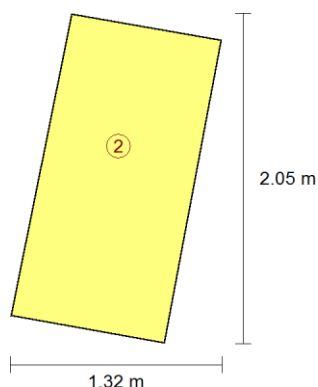


Figura 16. Disposición de las luminarias de emergencia del cuarto de instalaciones

Nº	Cantidad	Descripción
2	1	Luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 155 lúmenes

Tabla 33. Luminarias de emergencia instaladas en el cuarto de instalaciones

Valores de cálculo obtenidos	
<b>Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación:</b>	7.25 lux
<b>Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación:</b>	7.25 lux
<b>Relación iluminancia máxima/mínima (eje central vías evacuación):</b>	2.65
<b>Altura sobre el nivel del suelo:</b>	2.00 m

Tabla 34. Valores de cálculo obtenidos para el alumbrado de emergencia

**Valores calculados de iluminancia**

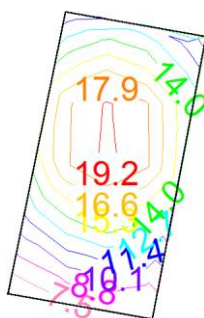


Figura 17. Valores calculados de iluminación de emergencia del cuarto de instalaciones

### Posición de los valores pésimos calculados

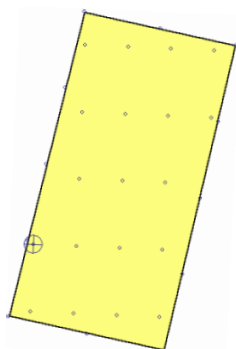


Figura 18. Posición de los valores de emergencia pésimos del cuarto de instalaciones

#### 5.1.4 RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL RECINTO 4: ESCALERAS

Para los cálculos lumínicos del recinto 4 “Escaleras” se ha recurrido al programa Dialux Evo ya que este permite adaptar el plano de trabajo sobre el que incide la luz lo que facilita la correcta caracterización de la geometría de la escalera y su inclinación.

Por lo tanto, aclarar, que para realizar los cálculos de manera correcta se ha separado la escalera en tres tramos: tramo ascendente sótano (Escalera 2), descansillo (Escalera 3) y tramo ascendente planta baja (Escalera 1), ya que, cada uno de ellos, tiene distinta geometría.

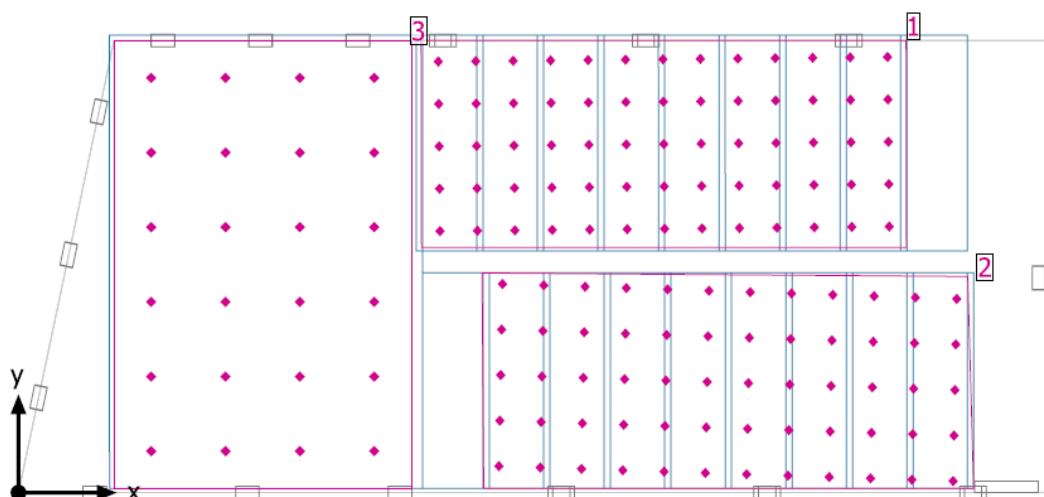


Figura 19. Tramos de la escalera

A fin de unificar los resultados de los tres tramos en un solo resultado lumínico para la escalera, los datos que se presentan en la siguiente tabla corresponde con la media de los valores obtenidos para cada uno de los tramos.

RECINTO			
<b>Referencia:</b>	Escaleras	<b>Planta:</b>	Sótano
<b>Superficie:</b>	11.58 m <sup>2</sup>	<b>Altura libre:</b>	5.90 m
		<b>Volumen:</b>	68.32 m <sup>3</sup>

Tabla 35. Características del recinto escaleras

Alumbrado normal	
<b>Altura del plano de trabajo:</b>	0.85 m
<b>Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):</b>	1.20 m
<b>Coefficiente de reflectancia en suelos:</b>	0.20
<b>Coefficiente de reflectancia en paredes:</b>	0.17
<b>Coefficiente de reflectancia en techos:</b>	0.70
<b>Factor de mantenimiento:</b>	0.80
<b>Índice del local (K):</b>	1.00
<b>Número mínimo de puntos de cálculo:</b>	36

Tabla 36. Características del recinto escaleras

### Disposición de las luminarias

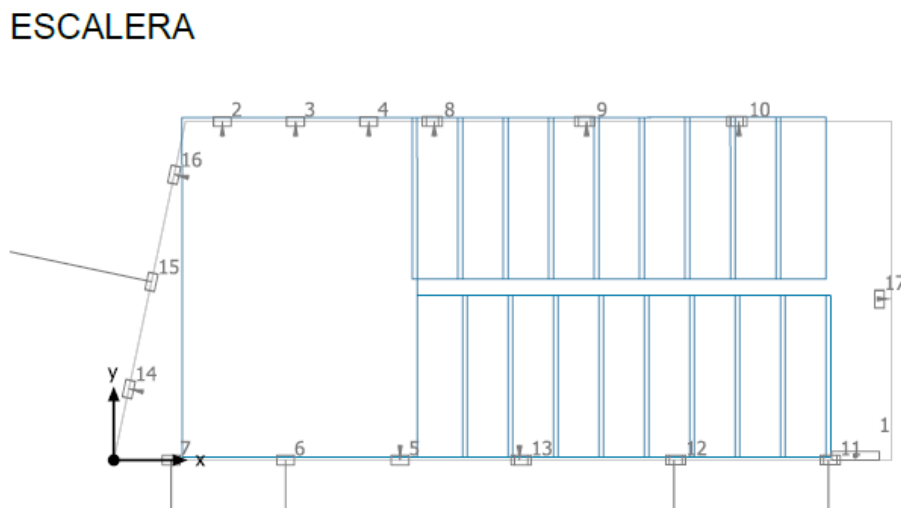


Figura 20. Disposición de las luminarias de las escaleras

## ANEJO 10: ILUMINACIÓN

### ETAP K9R432/1X2 Single-sided plate

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	5.032	0.000	2.390	0.80

### GRUPO CONSTRULITA RE2006SBCB WALKLIGHT

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
2	0.735	2.300	1.494	0.80
3	1.231	2.300	1.510	0.80
4	1.728	2.300	1.526	0.80
5	1.943	0.000	1.363	0.80
6	1.166	0.000	1.363	0.80
7	0.389	0.000	1.363	0.80
8	2.148	2.300	1.667	0.80
9	3.182	2.300	2.120	0.80
10	4.215	2.300	2.573	0.80
11	4.873	0.000	0.452	0.80
12	3.824	0.000	0.863	0.80
13	2.776	0.000	1.274	0.80
14	0.102	0.481	1.268	0.80
15	0.256	1.209	1.303	0.80
16	0.409	1.936	1.338	0.80
17	5.195	1.092	0.486	0.80

Tabla 37. Disposición de las luminarias de las escaleras

Altura interior del local: 4.900 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 17.4%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

#	Luminaria	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1	ETAP - K9R432/1X2 Single-sided plate	72	1.3	57.6
16	GRUPO CONSTRULITA - RE2006SBCB WALKLIGHT	142	3.1	45.9
	Suma total de luminarias	2344	50.9	46.1

Potencia específica de conexión: 4.40 W/m<sup>2</sup> (Superficie de planta de la estancia 11.58 m<sup>2</sup>)

Consumo: 140 kWh/a de un máximo de 450 kWh/a

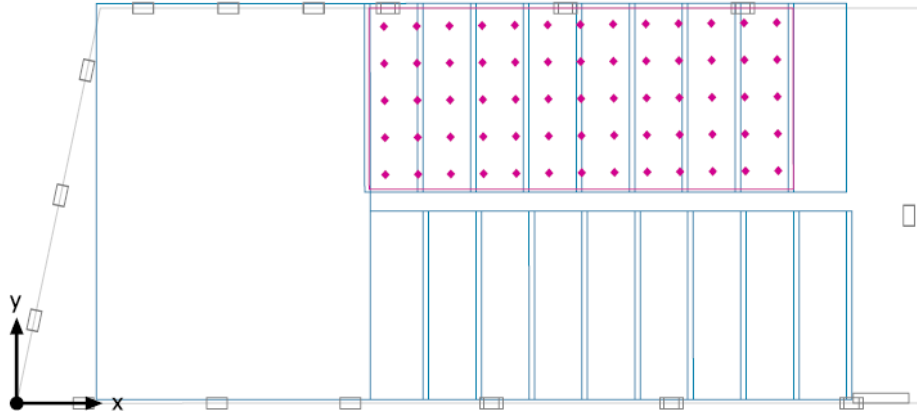
Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

Tabla 38. Cálculo de potencia instalada en las escaleras

Valores de cálculo obtenidos	
<b>Iluminancia mínima:</b>	158.00 lux
<b>Iluminancia media horizontal mantenida:</b>	217.00 lux
<b>Índice de deslumbramiento unificado (UGR):</b>	0.00
<b>Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):</b>	2.34 W/m <sup>2</sup>
<b>Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada:</b>	4.40 W/m <sup>2</sup>
<b>Factor de uniformidad:</b>	65.67 %

Tabla 39. Valores de cálculo obtenidos para las escaleras

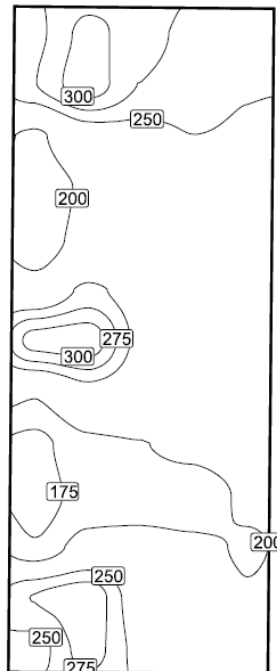
**Valores de cálculo obtenidos para el alumbrado normal Escalera 1 (descansillo-planta baja)**



Escalera: Intensidad lumínica perpendicular (Trama)  
 Escena de luz: escalera  
 Media: 230 lx, Min: 164 lx, Max: 316 lx, Mín./medio: 0.71, Mín./máx.: 0.52  
 Altura: 1.853 m

*Figura 21. Plano de trabajo Escaleras 1*

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

*Figura 22. Valores calculados de iluminación de Escalera . Isolíneas*

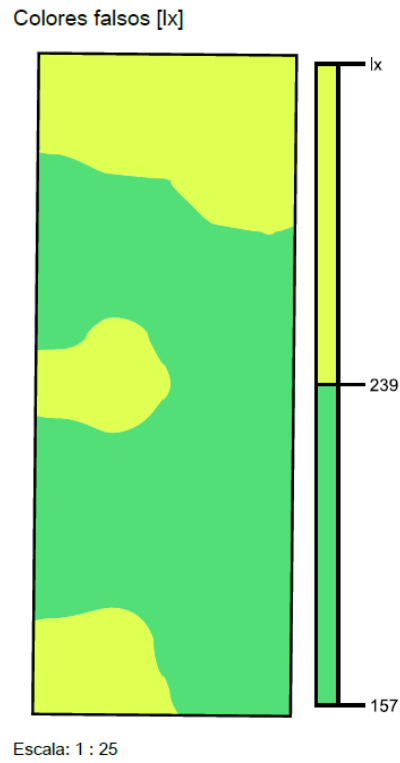


Figura 23. Valores calculados de iluminación de Escalera 1. Colores falsos

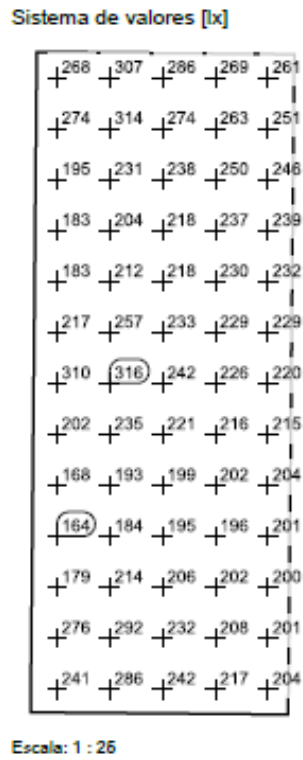
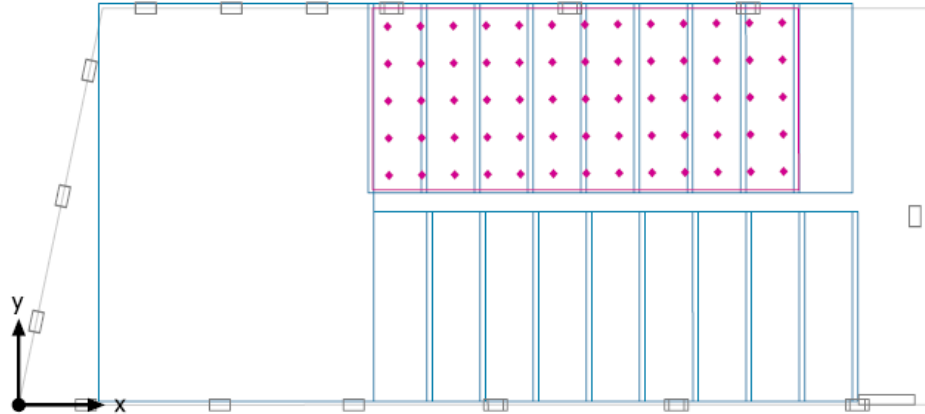


Figura 24. Posición de los valores pésimos y óptimos de la iluminación de Escalera 1

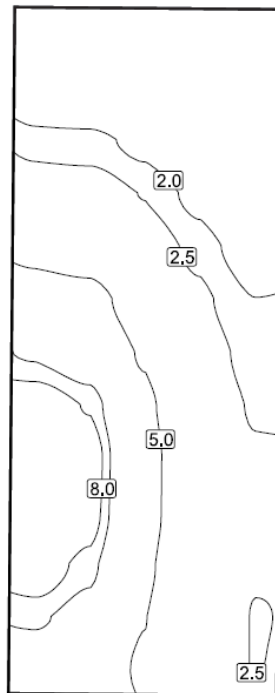
Valores de cálculo obtenidos para el alumbrado de emergencia Escalera 1 (descansillo-planta baja)



Escalera: Intensidad lumínica perpendicular (Trama)  
Escena de luz: EMERGENCIA  
Media: 3.96 lx, Min: 0.82 lx, Max: 9.31 lx, Mín./medio: 0.21, Mín./máx.: 0.088  
Altura: 1.853 m

Figura 25. Plano de trabajo Escaleras 1

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

Figura 26. Valores calculados de iluminación de emergencia Escalera. Isolíneas

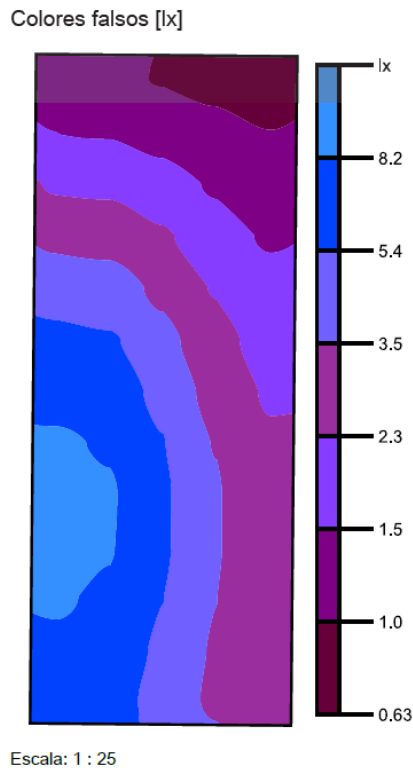
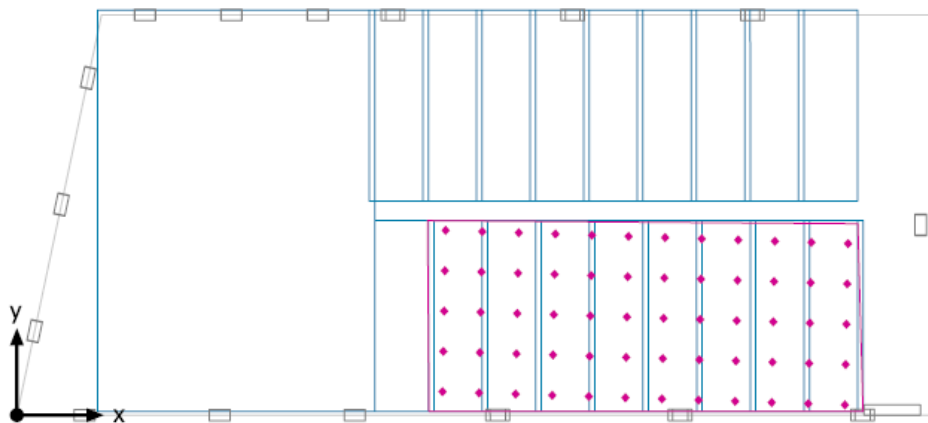


Figura 27. Valores calculados de iluminación de emergencia Escalera . Colores falsos

**Valores de cálculo obtenidos para el alumbrado normal Escalera 2 (sótano-descansillo)**

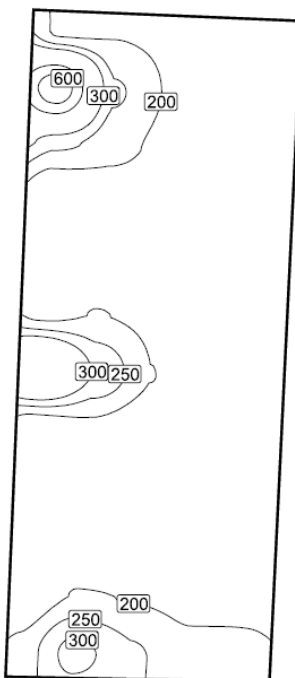


Escalera: Intensidad lumínica perpendicular (Trama)  
 Escena de luz: escalera  
 Media: 189 lx, Min: 116 lx, Max: 676 lx, Mín./medio: 0.61, Mín./máx.: 0.17  
 Altura: 0.710 m

Figura 28. Plano de trabajo Escaleras 2



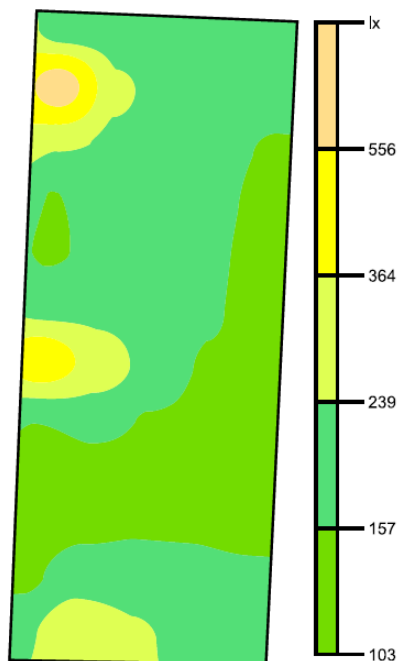
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

Figura 29. Valores calculados de iluminación de Escalera 2. Isolíneas

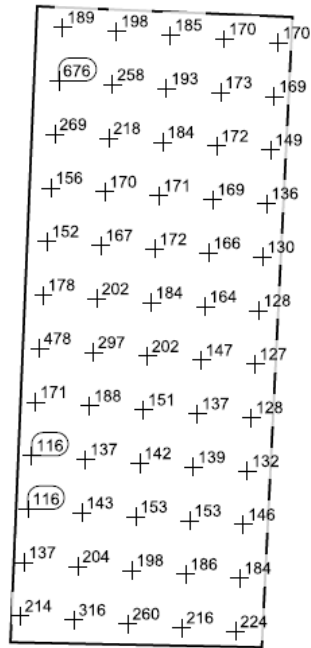
Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25

Figura 30. Valores calculados de iluminación de Escalera 2. Colores falsos

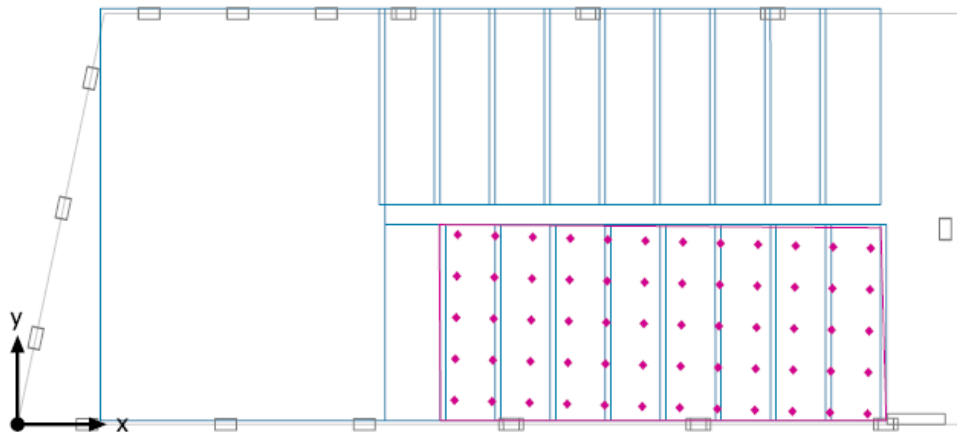
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25

Figura 31. Posición de los valores pésimos y óptimos de la iluminación de Escalera 2

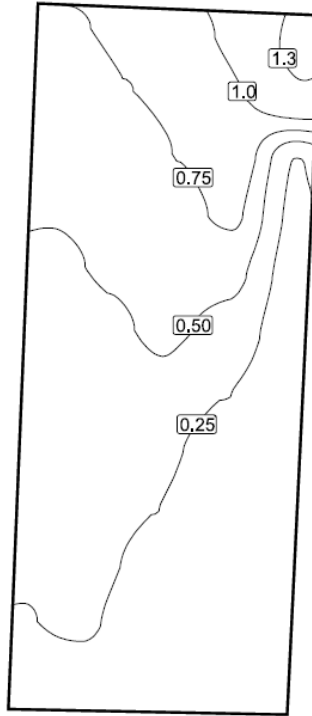
**Valores de cálculo obtenidos para el alumbrado de emergencia Escalera 2 (sótano-descansillo)**



Escalera: Intensidad lumínica perpendicular (Trama)  
 Escena de luz: EMERGENCIA  
 Media: 0.44 lx, Min: 0.090 lx, Max: 1.35 lx, Mín./medio: 0.20, Mín./máx.: 0.067  
 Altura: 0.710 m

Figura 32. Plano de trabajo Escaleras 2

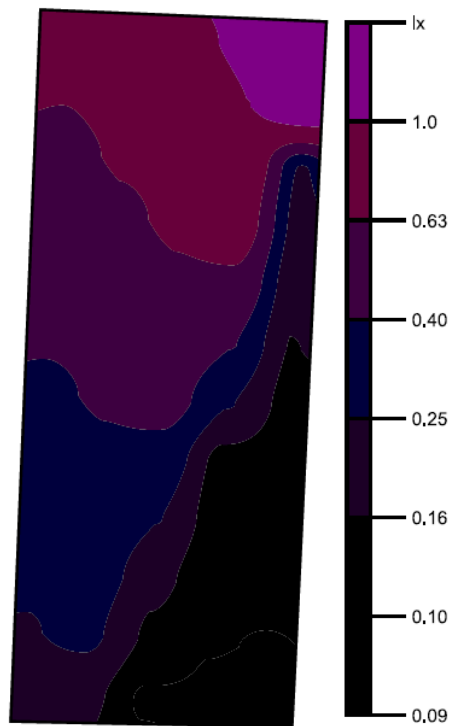
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

Figura 33. Valores calculados de iluminación de emergencia Escalera 2. Isolíneas

Colores falsos [lx]



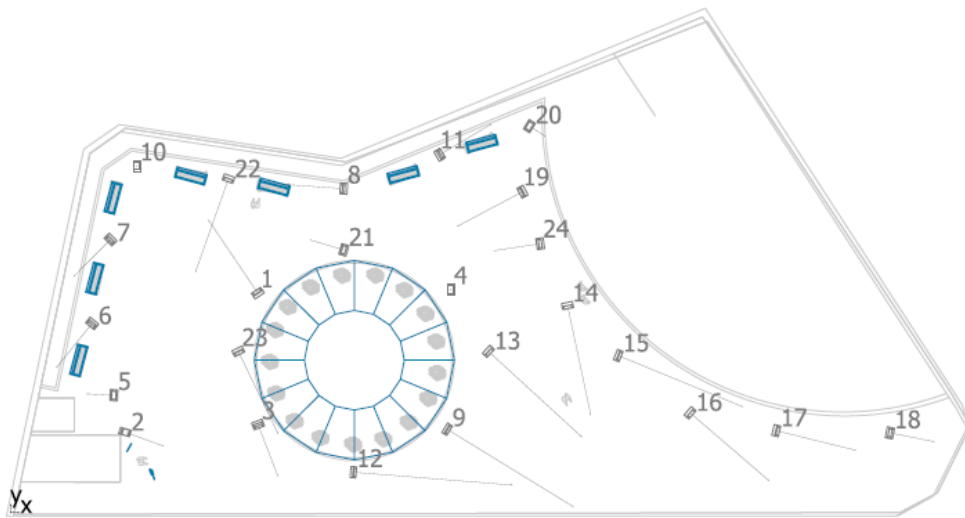
Escala: 1 : 25

Figura 34. Valores calculados de iluminación de emergencia Escalera 2. Colores falso

## 5.2 ALUMBRADO EXTERIOR

Además de la ejecución del aparcamiento subterráneo, el Ayuntamiento, mediante este proyecto plantea el acondicionamiento de la cubierta para la ejecución de una plaza recreativa, por lo que en el presente apartado se describen los cálculos realizados para el alumbrado exterior de la plaza.

### Disposición de las luminarias



*Figura 35. Disposición de las luminarias de exterior*



*Figura 36. Disposición de las luminarias de exterior.*

## ANEJO 10: ILUMINACIÓN

Philips SGS102 FG 1xSON-TPP250W TP P3X

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	14.258	12.549	3.500	0.80
2	6.517	4.649	3.850	0.80
3	14.198	5.127	3.512	0.80
4	25.315	12.821	3.506	0.80
5	5.971	6.746	3.529	0.80
6	4.723	10.931	3.546	0.80
7	5.785	15.749	3.546	0.80
8	19.222	18.627	3.500	0.80
9	25.019	4.837	3.519	0.80
10	7.250	19.938	3.546	0.80
11	24.604	20.542	3.506	0.80
12	19.610	2.327	3.500	0.80
13	27.404	9.332	3.800	0.80
14	32.004	11.992	3.513	0.80
15	34.854	9.064	3.500	0.80
16	39.004	5.792	3.500	0.80
17	43.948	4.727	3.500	0.80
18	50.504	4.592	3.500	0.80
19	29.504	18.492	3.513	0.80
20	29.804	22.242	3.513	0.80
21	19.204	15.092	3.500	0.80
22	12.554	19.292	3.500	0.80
23	13.050	9.346	3.500	0.80
24	30.513	15.477	3.513	0.80

Tabla 40. Disposición de las luminarias de exterior

# Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
24 Philips - SGS102 FG 1xSON-TPP250W TP P3X	22733	276.0	82.4
Suma total de luminarias	545592	6624.0	82.4

Potencia específica de conexión: 6.08 W/m<sup>2</sup> (Superficie de planta de la estancia 1088.69 m<sup>2</sup>),  
 Potencia específica de conexión: 12.15 W/m<sup>2</sup> = 3.19 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Superficie del plano útil 545.23 m<sup>2</sup>)

Consumo: 18200 kWh/a de un máximo de 38150 kWh/a

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

Tabla 41. Cálculo de potencia instalada en el exterior

Valores de cálculo obtenidos	
<b>Iluminancia mínima:</b>	111.00 lux
<b>Iluminancia media horizontal mantenida:</b>	359.00 lux
<b>Índice de deslumbramiento unificado (UGR):</b>	0.00
<b>Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):</b>	2.45 W/m <sup>2</sup>
<b>Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada:</b>	8.80 W/m <sup>2</sup>
<b>Factor de uniformidad:</b>	65.67 %

Tabla 42. Valores de cálculo obtenidos para exterior

Valores de cálculo obtenidos para el alumbrado de exterior

Cubierta Transitable



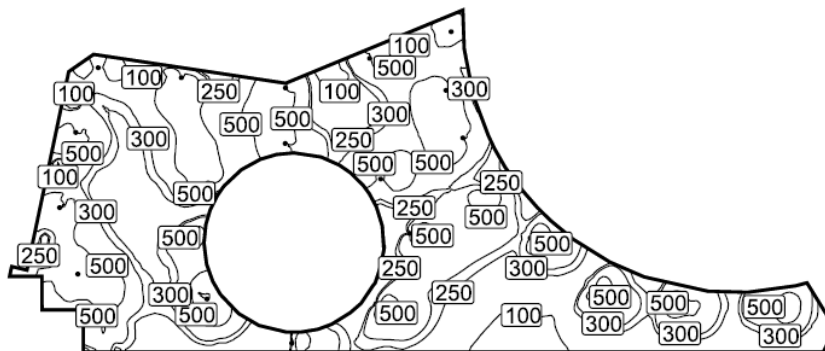
Altura interior del local: 4.000 m, Grado de reflexión: Techo 20.5%, Paredes 42.9%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín.
1 Workplane (Cubierta Transitable)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	359 (≥ 500)	111	817	0.05

Figura 37. Plano de trabajo de exterior

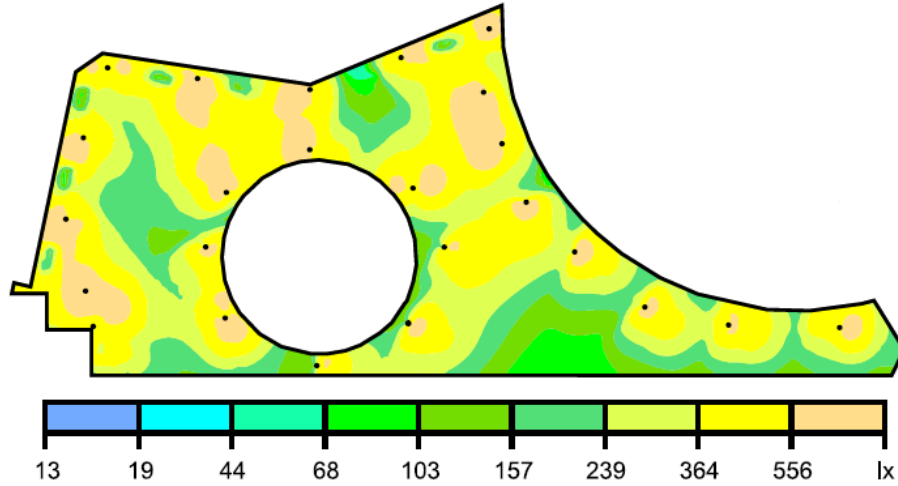
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 500

Figura 38. Valores calculados de iluminación de exterior. Isolíneas

Colores falsos [lx]

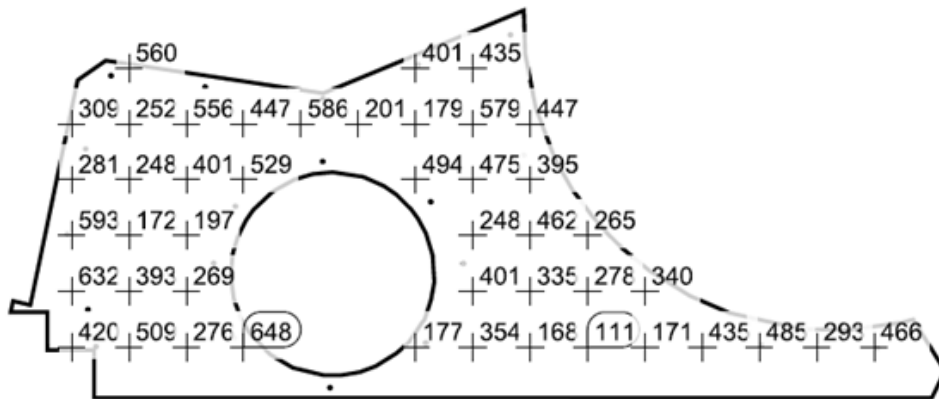


Escala: 1 : 500

Figura 39. Valores calculados de iluminación de exterior. Colores falsos

Posición de los valores pésimos calculados

Sistema de valores [lx]



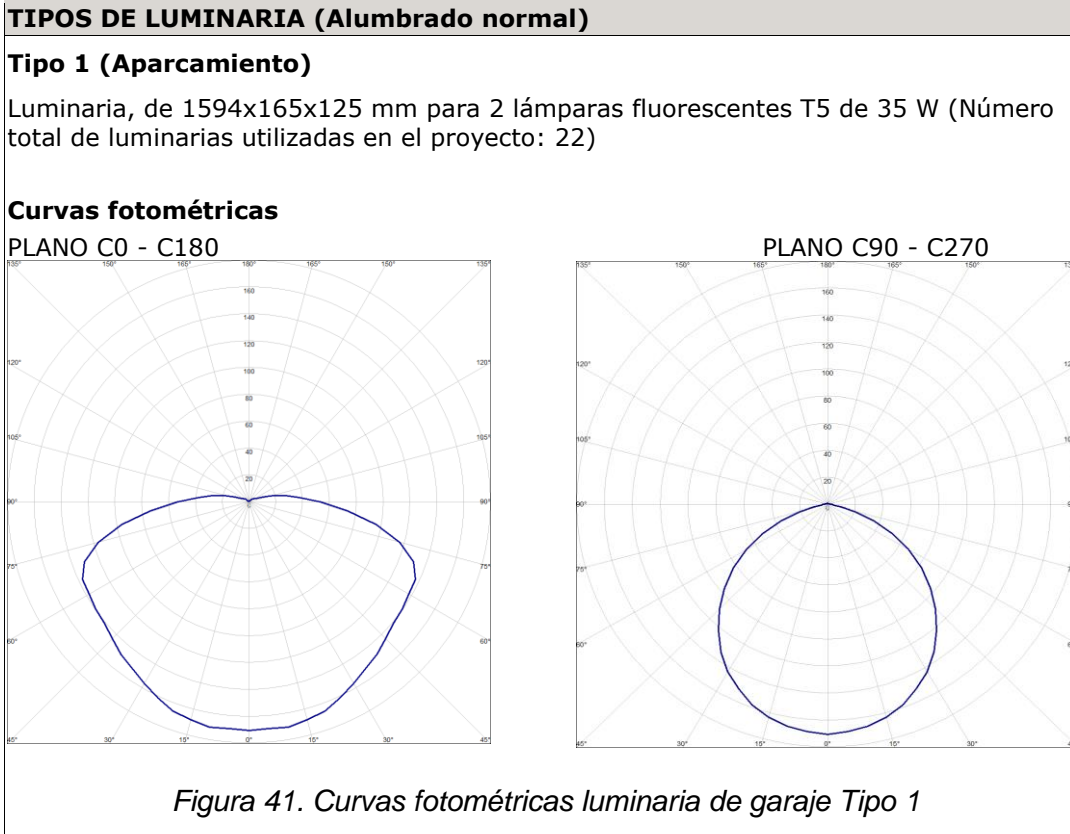
Escala: 1 : 500

Figura 40. Posición de los valores de pésimos y óptimos de la iluminación de exterior

### 5.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS LUMINARIAS Y CURVAS FOTOMÉTRICAS

#### 5.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA LUMINARIA DE INTERIOR

##### Recinto 1: Aparcamiento



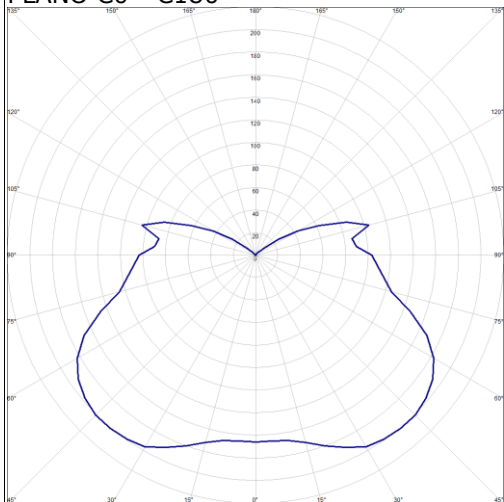


**Tipo 2 (Aparcamiento)**

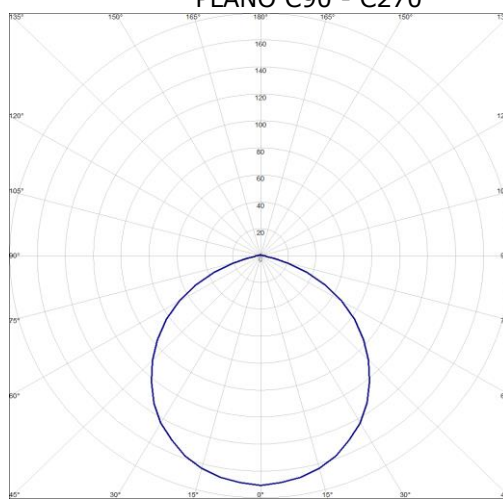
Luminaria, de 1294x165x125 mm para 2 lámparas fluorescentes T5 de 28 W (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 6)

**Curvas fotométricas**

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270



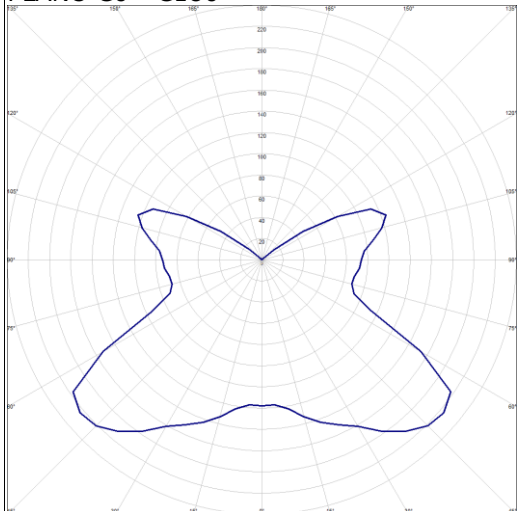
*Figura 42. Curvas fotométricas luminaria de garaje Tipo 2*

**Tipo 3 (Aparcamiento)**

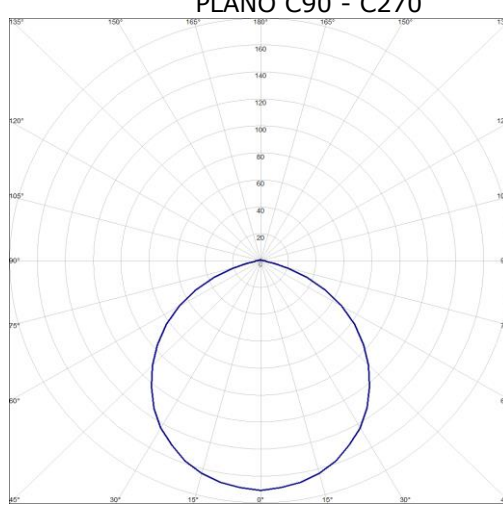
Luminaria, de 1594x110x113 mm para 1 lámpara fluorescente T5 de 80 W (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 5)

**Curvas fotométricas**

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270



*Figura 43. Curvas fotométricas luminaria de garaje Tipo 3*

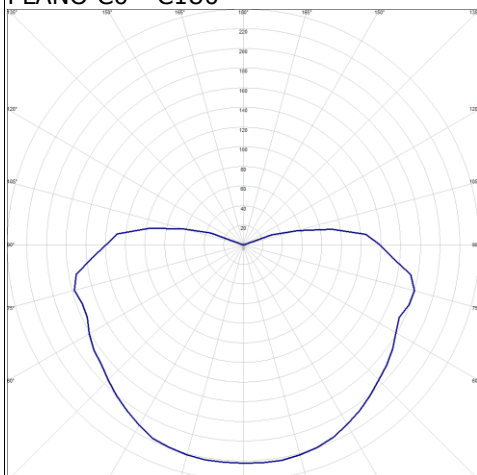
**TIPOS DE LUMINARIA (Alumbrado de emergencia)**

**Tipo 1 (Aparcamiento)**

Luminaria de emergencia estanca, con tubo lineal fluorescente, 8 W - G5, flujo luminoso 240 lúmenes (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 28)

**Curvas fotométricas**

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270

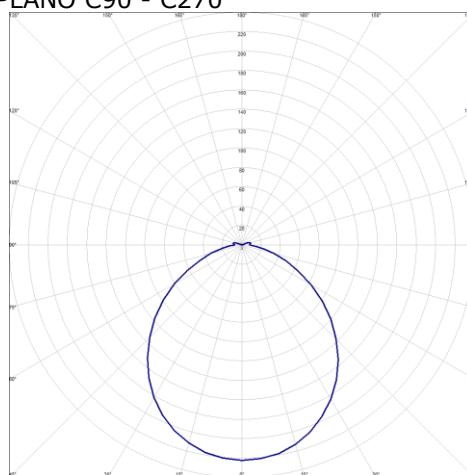


Figura 44. Curvas fotométricas luminaria de emergencia del garaje

**Recinto 2: Vestíbulo de independencia**

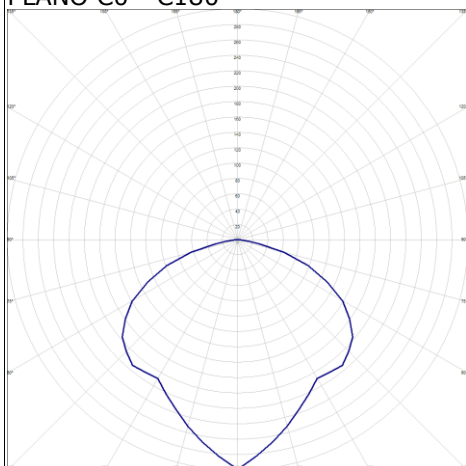
**TIPOS DE LUMINARIA (Alumbrado normal)**

**Tipo 4 (Vestíbulo de independencia)**

Luminaria suspendida tipo Downlight, de 320 mm de diámetro y 355 mm de altura, para lámpara fluorescente triple TC-TEL de 42 W, modelo Miniyes 1x42W TC-TEL Reflector "LAMP" (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 1)

**Curvas fotométricas**

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270

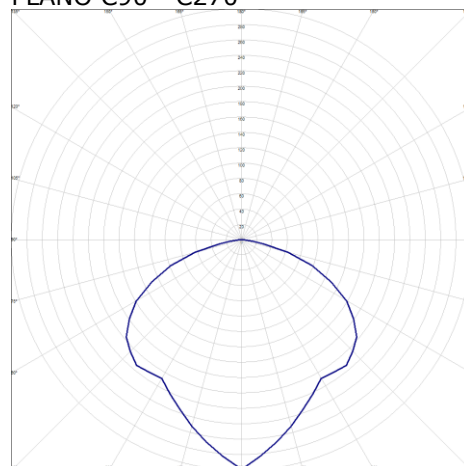


Figura 45. Curvas fotométricas luminaria del vestíbulo de independencia

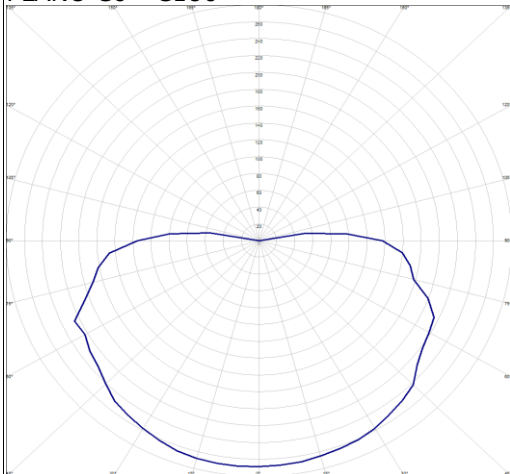
**TIPOS DE LUMINARIA (Alumbrado de emergencia)**

**Tipo 2 (Vestíbulo de independencia)**

Luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 155 lúmenes (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 2)

**Curvas fotométricas**

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270

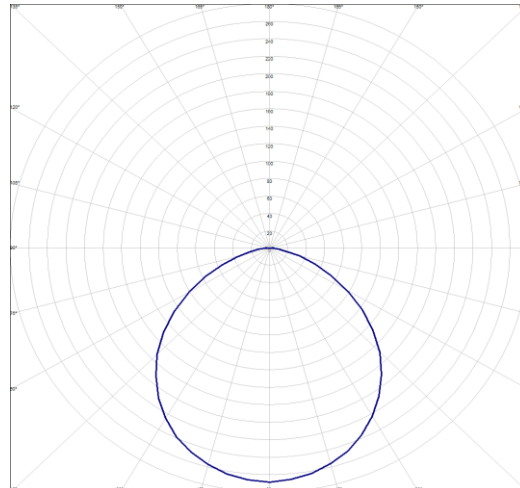


Figura 46. Curvas fotométricas luminaria de emergencia del vestíbulo de independencia

**Recinto 3: Cuarto de instalaciones**

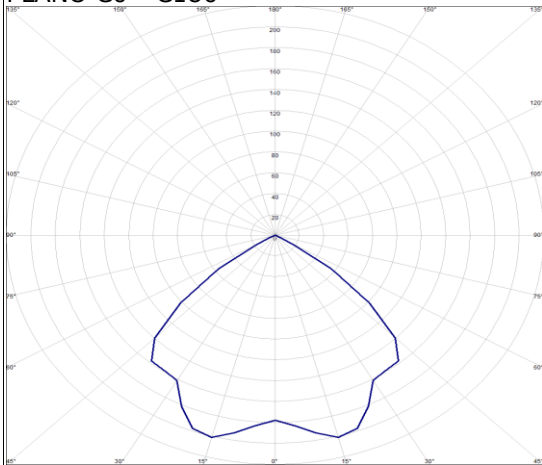
**TIPOS DE LUMINARIA (Alumbrado normal)**

**Tipo 5 (Cuarto de instalaciones)**

Luminaria de techo Downlight, de 240 mm de diámetro y 150 mm de altura, para 2 lámparas fluorescentes compactas dobles TC-D de 18 W (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 1)

**Curvas fotométricas**

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270

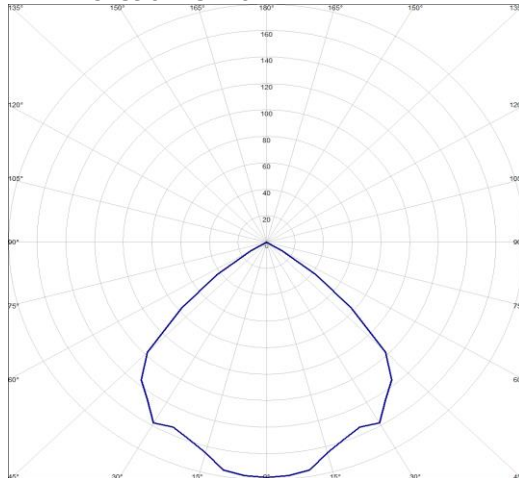
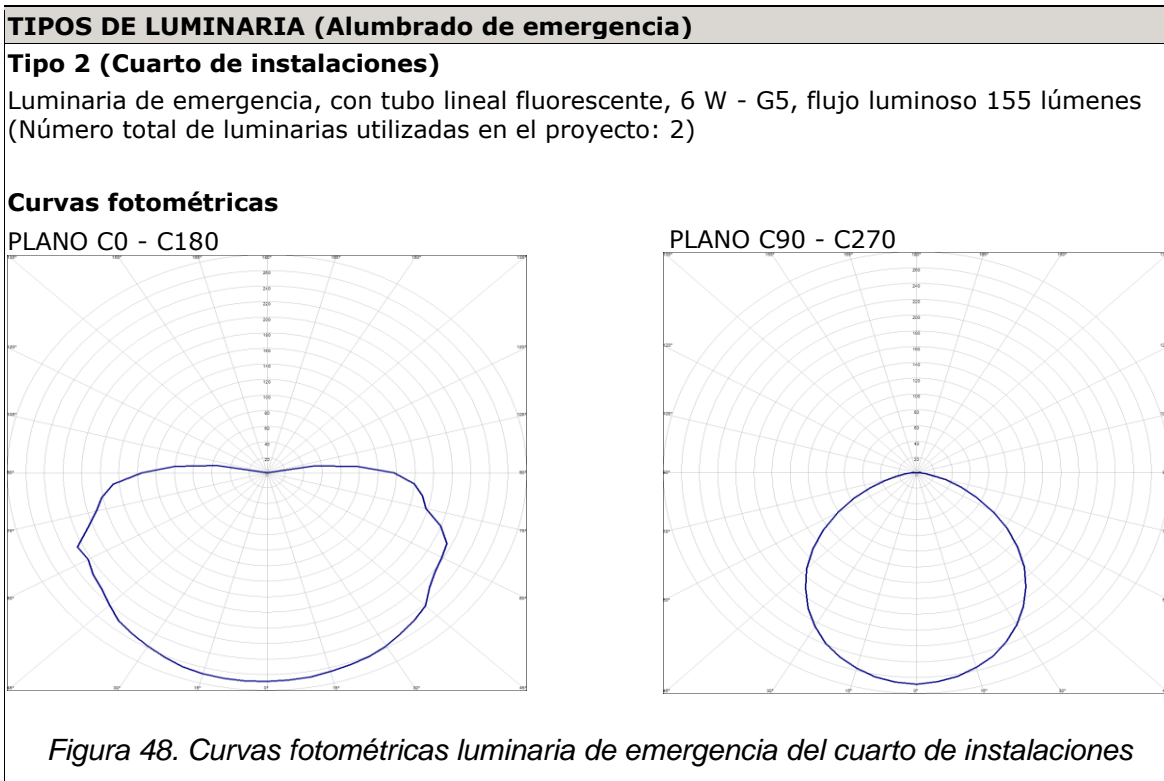


Figura 47. Curvas fotométricas luminaria del cuarto de instalaciones



**Recinto 4: Escaleras**

Underground Parking

10/05/2019

**DIALux**

SUPERFICIE / PLANTA -1 / PLANTA SUBTERRANEA / ESCALERA / Lista de luminarias

**ESCALERA**

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
1	ETAP - K9R432/1X2 Single-sided plate Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED (DC) Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 72 lm Flujo luminoso de las luminarias: 72 lm Potencia: 1,3 W Rendimiento lumínico: 57.6 lm/W  Indicaciones colorimétricas 1xLED (DC): CCT 6500 K, CRI 70		
16	GRUPO CONSTRULITA - RE2006SBCB WALKLIGHT Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED Fotometría absoluta Flujo luminoso de las luminarias: 142 lm Potencia: 3.1 W Rendimiento lumínico: 45.9 lm/W  Indicaciones colorimétricas 1xLED: CCT 3000 K, CRI 80		

Flujo luminoso total de lámparas: 2344 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 2344 lm, Potencia total: 50.9 W, Rendimiento lumínico: 46.1 lm/W

### 5.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA LUMINARIA DE EXTERIOR

Underground Parking

10/05/2019

**DIALux**

SUPERFICIE / PLANTA 0 / EXTERIOR / Philips SGS102 FG 1xSON-TPP250W TP P3X 1xSON-TPP250W / Philips - SGS102 FG 1xSON-TPP250W TP P3X (1xSON-TPP250W)

#### Philips SGS102 FG 1xSON-TPP250W TP P3X 1xSON-TPP250W



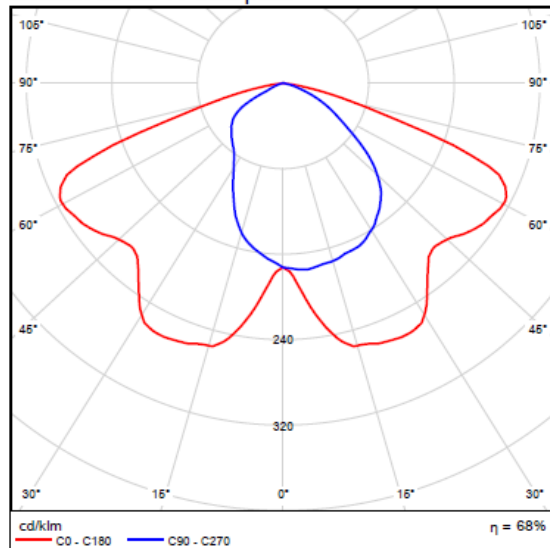
Malaga – contemporary style Malaga is a versatile road-lighting luminaire. It offers modern styling and quality lighting for safe and comfortable driving, and for area illumination, with low investment and maintenance costs. The optical system has been designed to deliver good beam control and light output.

Malaga provides optimal illuminance and good uniformity when the mounting height approximately equals the road width and the mast spacing is approximately 3.5 times the road width. It is suitable for post-top and side-entry mounting; a wall-mounting bracket is also available.

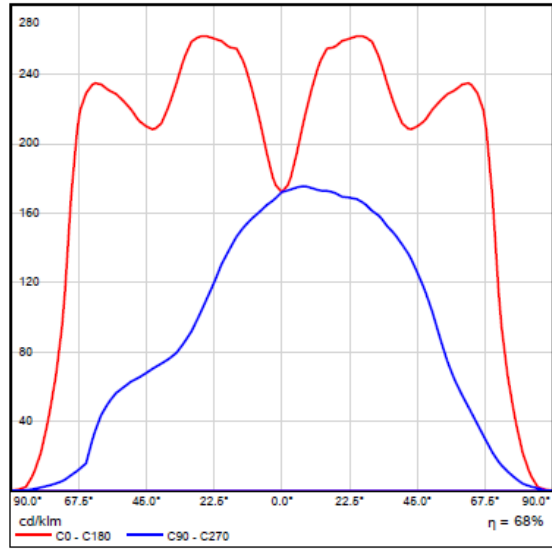
Grado de eficacia de funcionamiento: 68.47%  
 Flujo luminoso de lámparas: 33200 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 22733 lm  
 Potencia: 276.0 W  
 Rendimiento lumínico: 82.4 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xSON-TPP250W: CCT 3000 K, CRI 100

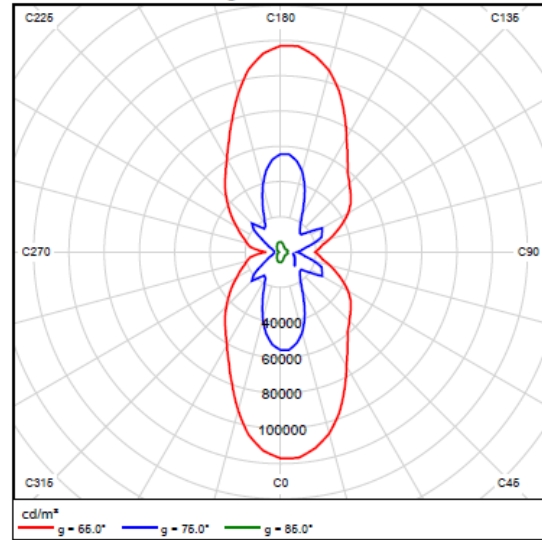
Emisión de luz 1 / CDL polar



Emisión de luz 1 / CDL lineal



Emisión de luz 1 / Diagrama de densidad lumínica



GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 11- PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019



## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	324
2	NORMATIVA .....	324
3	PROPAGACIÓN INTERIOR .....	324
3.1	COMPARTIMENTACIÓN EN SECTORES DE INCENDIO .....	324
3.2	ESCALERAS ESPECIALMENTE PROTEGIDAS .....	325
3.3	VESTÍBULO DE INDEPENDENCIA .....	326
3.4	LOCALES Y ZONAS DE RIESGO ESPECIAL .....	327
4	PROPAGACIÓN EXTERIOR .....	327
5	EVACUACIÓN DE OCUPANTES .....	328
5.1	CÁLCULO DE LA OCUPACIÓN .....	328
5.2	NÚMERO DE SALIDAS Y LONGITUD DE LOS RECORRIDOS DE EVACUACIÓN.....	329
5.3	DIMENSIONADO Y PROTECCIÓN DE ESCALERAS Y PASOS DE EVACUACIÓN.....	331
5.4	SEÑALIZACIÓN DE LOS MEDIOS DE EVACUACIÓN .....	332
5.5	CONTROL DEL HUMO DE INCENDIO .....	333
5.6	EVACUACIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN CASO DE INCENDIO.....	334
6	INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	334
6.1	DOTACIÓN DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	334
6.2	CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE INSTALACIÓN DE BOCAS DE INCENDIO.....	336
6.3	SEÑALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES MANUALES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS .....	337
7	RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA .....	337



## 1 INTRODUCCIÓN

Mediante este anejo se pretende definir las características que debe reunir el edificio en materia de seguridad contra incendios, garantizando de este modo la seguridad de los usuarios en caso de que se produzca cualquier tipo de incendio o accidente similar. El dimensionamiento y los cálculos de protección contra incendios se realizarán mediante el programa informático CypeCad MEP.

## 2 NORMATIVA

La normativa de aplicación será el Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico de Seguridad en Caso de Incendio (CTE-DB-SI) aprobado por el Real Decreto 314/2006 de 17 de Marzo (BOE 28/03/2006) y modificado por el Real Decreto 1371/2007 de 19 de Octubre (BOE 23/10/2007), en el cuál se definen los parámetros básicos que debe cumplir toda edificación.

## 3 PROPAGACIÓN INTERIOR

### 3.1 COMPARTIMENTACIÓN EN SECTORES DE INCENDIO

En el edificio está previsto un único uso, el de aparcamiento. Dentro de la superficie total del aparcamiento, el área que formará un sector de incendio diferente al del aparcamiento, serán las escaleras que, por especificaciones de la norma en el caso de aparcamientos, deberán ser escaleras especialmente protegidas. Éstas, contarán con un vestíbulo de independencia con puertas EI2 60-C5 (como mínimo) y estarán abiertas al exterior como así lo permite la norma.

Asimismo, la resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas que delimitan estos dos sectores será EI120.

Elemento	Plantas bajo rasante	Resistencia al fuego		
		Plantas sobre rasante en edificio con altura de evacuación:		
		h ≤ 15 m	15 < h ≤ 28 m	h > 28 m
Paredes y techos <sup>(3)</sup> que separan al sector considerado del resto del edificio, siendo su uso previsto: <sup>(4)</sup>				
- Sector de riesgo mínimo en edificio de cualquier uso	(no se admite)	EI 120	EI 120	EI 120
- Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	EI 120	EI 60	EI 90	EI 120
- Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	EI 120 <sup>(5)</sup>	EI 90	EI 120	EI 180
- Aparcamiento <sup>(6)</sup>	EI 120 <sup>(7)</sup>	EI 120	EI 120	EI 120
Puertas de paso entre sectores de incendio	EI <sub>2</sub> t-C5 siendo t la mitad del tiempo de resistencia al fuego requerido a la pared en la que se encuentre, o bien la cuarta parte cuando el paso se realice a través de un vestíbulo de independencia y de dos puertas.			

Tabla 1. Resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas

Sectores de incendio							
Sector	Sup. construida (m <sup>2</sup> )		Uso previsto <sup>(1)</sup>	Resistencia al fuego del elemento compartimentador <sup>(2)</sup>			
	Norma	Proyecto		Paredes y techos <sup>(3)</sup>		Puertas	
				Norma	Proyecto	Norma	Proyecto
Aparcamiento	-	1096.86	Aparcamiento	EI 120	EI 120	EI <sub>2</sub> 60-C5	2 x EI <sub>2</sub> 90-C5
Notas: <sup>(1)</sup> Según se consideran en el Anejo A Terminología (CTE DB SI). Para los usos no contemplados en este Documento Básico, se procede por asimilación en función de la densidad de ocupación, movilidad de los usuarios, etc. <sup>(2)</sup> Los valores mínimos están establecidos en la tabla 1.2 (CTE DB SI 1 Propagación interior). <sup>(3)</sup> Los techos tienen una característica 'REI', al tratarse de elementos portantes y compartimentadores de incendio.							

Tabla 2. Sectores de incendio. Fuente CypeCad MEP

### 3.2 ESCALERAS ESPECIALMENTE PROTEGIDAS

Según lo estipulado en la norma las escaleras solo podrán ser especialmente protegidas como se observa en la siguiente tabla, ya que, como se explicará en apartados posteriores la evacuación se realizará en sentido ascendente.

Uso previsto <sup>(1)</sup>	Condiciones según tipo de protección de la escalera		
	No protegida	Protegida <sup>(2)</sup>	Especialmente protegida
<b>Escaleras para evacuación descendente</b>			
Residencial Vivienda	$h \leq 14$ m	$h \leq 28$ m	
Administrativo, Docente,	$h \leq 14$ m	$h \leq 28$ m	
Comercial, Pública Concu- rrencia	$h \leq 10$ m	$h \leq 20$ m	
Residencial Público	Baja más una	$h \leq 28$ m <sup>(3)</sup>	Se admite en todo caso
Hospitalario			
zonas de hospitalización o de tratamiento intensivo	No se admite	$h \leq 14$ m	
otras zonas	$h \leq 10$ m	$h \leq 20$ m	
Aparcamiento	No se admite	No se admite	
<b>Escaleras para evacuación ascendente</b>			
Uso Aparcamiento	No se admite	No se admite	
Otro uso:	$h \leq 2,80$ m	Se admite en todo caso	Se admite en todo caso
	$2,80 < h \leq 6,00$ m	$P \leq 100$ personas	
	$h > 6,00$ m	No se admite	

Tabla 3. Protección de las escaleras. Fuente CTE

Las escaleras especialmente protegidas tienen un trazado continuo desde su inicio en la planta sótano hasta su desembarco en la cubierta de salida del edificio.

De acuerdo a su definición en el Anejo A Terminología (CTE DB SI), las escaleras protegidas y especialmente protegidas disponen de un sistema de protección frente al humo y en este caso, también se han dispuesto dos extintores portátiles.

Escaleras especialmente protegidas							
Escalera	Número de plantas	Tipo de protección	Vestíbulo de independencia <sup>(1)</sup>	Resistencia al fuego del elemento compartimentador <sup>(2) (3)</sup>			
				Paredes y techos		Puertas <sup>(4)</sup>	
				Norma	Proyecto	Norma	Proyecto
Escaleras	2 (Ascendente)	Especialmente protegida	Sí	EI 120	EI 120	EI <sub>2</sub> 60-C5	2 x EI <sub>2</sub> 90-C5

Tabla 4. Características de las escaleras protegidas. Fuente: CypeCad MEP

### 3.3 VESTÍBULO DE INDEPENDENCIA

La distancia mínima entre los contornos de las superficies barridas por las puertas de los vestíbulos es superior a 0,50 m, como indica la normativa.

Los vestíbulos que sirvan a uno o varios locales de riesgo especial no pueden utilizarse en los recorridos de evacuación de otras zonas, excepto en el caso de vestíbulos de escaleras protegidas que acceden a un aparcamiento, a zonas de ocupación nula y a dichos locales de riesgo especial, como es el caso de estudio.

Vestíbulos de independencia					
Referencia	Superficie (m <sup>2</sup> )	Resistencia al fuego del elemento compartimentador			
		Paredes <sup>(1)</sup>		Puertas <sup>(2)</sup>	
		Norma	Proyecto	Norma	Proyecto
Vestíbulo	7.74	EI 120	EI 120	2 x EI <sub>2</sub> 30-C5	2 x EI <sub>2</sub> 90-C5
<p><i>Notas:</i></p> <p><sup>(1)</sup> La resistencia al fuego exigida a las paredes del lado del vestíbulo es EI 120, independientemente de la resistencia exigida por el exterior, que puede ser mayor en función del sector o zona de incendio que separa el vestíbulo de independencia.</p> <p><sup>(2)</sup> Puertas de paso entre los recintos o zonas a independizar, a las que se les requiere la cuarta parte de la resistencia al fuego exigible al elemento compartimentador que separa dichas zonas y, al menos, EI<sub>2</sub> 30-C5.</p>					

Tabla 5. Características del vestíbulo de independencia del proyecto. Fuente CypeCad MEP

### 3.4 LOCALES Y ZONAS DE RIESGO ESPECIAL

Los únicos locales de riesgo especial en el edificio serán el local de contadores y cuadros generales de distribución que será de riesgo bajo.

Característica	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
Resistencia al fuego de la estructura portante <sup>(2)</sup>	R 90	R 120	R 180
Resistencia al fuego de las paredes y techos <sup>(3)</sup> que separan la zona del resto del edificio <sup>(2)(4)</sup>	EI 90	EI 120	EI 180
Vestíbulo de independencia en cada comunicación de la zona con el resto del edificio	-	Sí	Sí
Puertas de comunicación con el resto del edificio	EI <sub>2</sub> 45-C5	2 x EI <sub>2</sub> 30 -C5	2 x EI <sub>2</sub> 45-C5
Máximo recorrido hasta alguna salida del local <sup>(5)</sup>	≤ 25 m <sup>(6)</sup>	≤ 25 m <sup>(6)</sup>	≤ 25 m <sup>(6)</sup>

Tabla 6. Resistencia al fuego según CTE

En el caso de estudio no existen zonas de riesgo especial en el edificio, ya que, el cuadro general de la instalación eléctrica se situará en el exterior de edificio.

## 4 PROPAGACIÓN EXTERIOR

Al ser un edificio aislado la condición para que no haya propagación del fuego a otro edificio es que la separación con éste sea más de tres metros. El aparcamiento en cuestión dista 5 metros de los edificios más cercanos por el sur, correspondientes a los de la plaza Belategi, y 15 metros de los edificios situados en el norte, más concretamente en la estrada Caleros, por lo que se cumple esta condición.

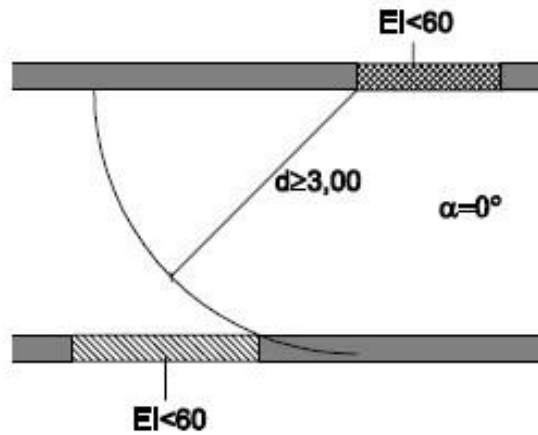


Figura 1. Propagación a edificio enfrentado. Fuente CTE

En cuanto a la propagación entre sectores de incendio por fachada, se requiere una distancia horizontal mínima de 0,50m y una vertical mínima de 1m.

En el caso de estudio No existe riesgo de propagación del incendio por la fachada del edificio, ni en sentido horizontal ni en sentido vertical de abajo arriba en base a las condiciones establecidas por el CTE.

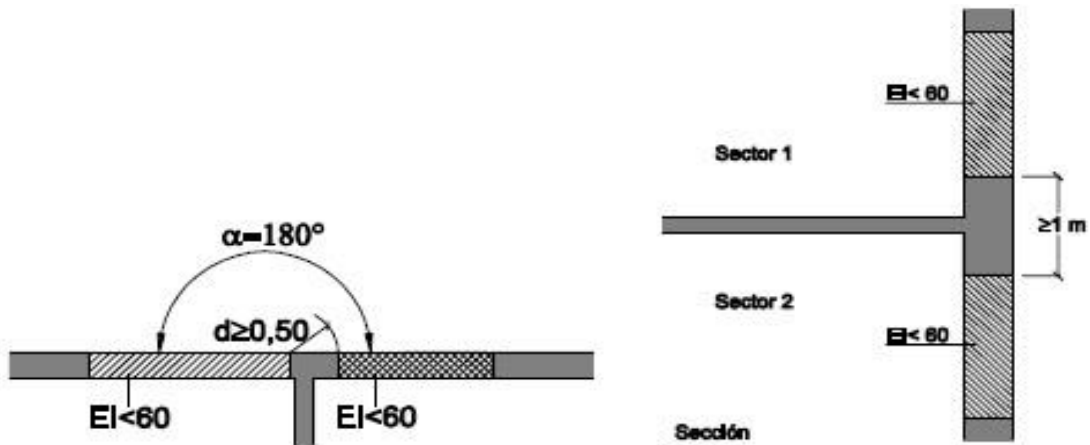


Figura 2. Propagación por fachada. Fuente CTE

## 5 EVACUACIÓN DE OCUPANTES

### 5.1 CÁLCULO DE LA OCUPACIÓN



Para el cálculo de la ocupación se han tomado los valores de la norma en función del uso del recinto.

Uso previsto	Zona, tipo de actividad	Ocupación (m <sup>2</sup> /persona)
Cualquiera	Zonas de ocupación ocasional y accesibles únicamente a efectos de mantenimiento: salas de máquinas, locales para material de limpieza, etc.	Ocupación nula
	Aseos de planta	3
Residencial Vivienda	Plantas de vivienda	20
Residencial Público	Zonas de alojamiento	20
	Salones de uso múltiple	1
	Vestíbulos generales y zonas generales de uso público en plantas de sótano, baja y entreplanta	2
Aparcamiento <sup>(2)</sup>	Vinculado a una actividad sujeta a horarios: comercial, espectáculos, oficina, etc.	15
	En otros casos	40
Comercial	En establecimientos comerciales:	
	áreas de ventas en plantas de sótano, baja y entreplanta	2
	áreas de ventas en plantas diferentes de las anteriores	3
	En zonas comunes de centros comerciales:	
	mercados y galerías de alimentación	2
	plantas de sótano, baja y entreplanta o en cualquier otra con acceso desde el espacio exterior	3
	plantas diferentes de las anteriores	5
En áreas de venta en las que no sea previsible gran afluencia de público, tales como exposición y venta de muebles, vehículos, etc.	5	

Tabla 7. Ocupación según zona. Fuente CTE

## 5.2 NÚMERO DE SALIDAS Y LONGITUD DE LOS RECORRIDOS DE EVACUACIÓN

El aparcamiento contará con una salida ya que la distancia desde cualquier origen de evacuación a una de ella es menor de 50m y porque no más de 50 personas precisan salvar en sentido ascendente una altura de evacuación mayor que 2m, siendo el número máximo de personas a evacuar 43.

Plantas o recintos que disponen de más de una salida de planta o salida de recinto respectivamente <sup>(3)</sup>	La longitud de los recorridos de evacuación hasta alguna salida de planta no excede de 50 m, excepto en los casos que se indican a continuación:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 35 m en zonas en las que se prevea la presencia de ocupantes que duermen, o en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso Hospitalario y en plantas de escuela infantil o de enseñanza primaria.</li> <li>- 75 m en espacios al aire libre en los que el riesgo de declaración de un incendio sea irrelevante, por ejemplo, una cubierta de edificio, una terraza, etc.</li> </ul>
	La longitud de los recorridos de evacuación desde su origen hasta llegar a algún punto desde el cual existan al menos dos recorridos alternativos no excede de 15 m en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso Hospitalario o de la longitud máxima admisible cuando se dispone de una sola salida, en el resto de los casos.
	Si la altura de evacuación descendente de la planta obliga a que exista más de una salida de planta o si más de 50 personas precisan salvar en sentido ascendente una altura de evacuación mayor que 2 m, al menos dos salidas de planta conducen a dos escaleras diferentes.

Tabla 8. Número de salidas y longitud de recorrido de evacuación. Fuente CTE

El cálculo de la ocupación del edificio se ha resuelto mediante la aplicación de los valores de densidad de ocupación indicados en la tabla 2.1 (DB SI 3), en función del uso y superficie útil de cada zona de incendio del edificio.

En el recuento de las superficies útiles para la aplicación de las densidades de ocupación, se ha tenido en cuenta el carácter simultáneo o alternativo de las distintas zonas del edificio, según el régimen de actividad y uso previsto del mismo, de acuerdo al punto 2.2 (DB SI 3).

El número de salidas necesarias y la longitud máxima de los recorridos de evacuación asociados, se determinan según lo expuesto en la tabla 3.1 (DB SI 3), en función de la ocupación calculada. En los casos donde se necesite o proyecte más de una salida, se aplican las hipótesis de asignación de ocupantes del punto 4.1 (DB SI 3), tanto para la inutilización de salidas a efectos de cálculo de capacidad de las escaleras, como para la determinación del ancho necesario de las salidas, establecido conforme a lo indicado en la tabla 4.1 (DB SI 3).

En la planta de desembarco de las escaleras, se añade a los recorridos de evacuación el flujo de personas que proviene de las mismas, con un máximo de 160 A personas (siendo 'A' la anchura, en metros, del desembarco de la escalera), según el punto 4.1.3 (DB SI 3); y considerando el posible carácter alternativo de la ocupación que desalojan, si ésta proviene de zonas del edificio no ocupables simultáneamente, según el punto 2.2 (DB SI 3).

Ocupación, número de salidas y longitud de los recorridos de evacuación									
Planta	S <sub>útil</sub> <sup>(1)</sup> (m <sup>2</sup> )	ρ <sub>ocup</sub> <sup>(2)</sup> (m <sup>2</sup> /p)	P <sub>calc</sub> <sup>(3)</sup>	Número de salidas <sup>(4)</sup>		Longitud del recorrido <sup>(5)</sup> (m)		Anchura de las salidas <sup>(6)</sup> (m)	
				Norma	Proyecto	Norma	Proyecto	Norma	Proyecto
<b>Aparcamiento</b> (Uso Aparcamiento), ocupación: <b>43</b> personas									
Cubierta	12.1	-	43	1	1	50	4.5	0.80	0.90
Sótano	1065	15	43	1	1	50	42.6	0.80	0.90
<p><b>Notas:</b></p> <p><sup>(1)</sup> Superficie útil con ocupación no nula, S<sub>útil</sub> (m<sup>2</sup>). Se contabiliza por planta la superficie afectada por una densidad de ocupación no nula, considerando también el carácter simultáneo o alternativo de las distintas zonas del edificio, según el régimen de actividad y de uso previsto del edificio, de acuerdo al punto 2.2 (DB SI 3).</p> <p><sup>(2)</sup> Densidad de ocupación, ρ<sub>ocup</sub> (m<sup>2</sup>/p); aplicada a los recintos con ocupación no nula del sector, en cada planta, según la tabla 2.1 (DB SI 3).</p> <p><sup>(3)</sup> Ocupación de cálculo, P<sub>calc</sub>, en número de personas. Se muestran entre paréntesis las ocupaciones totales de cálculo para los recorridos de evacuación considerados, resultados de la suma de ocupación en la planta considerada más aquella procedente de plantas sin origen de evacuación, o bien de la aportación de flujo de personas de escaleras, en la planta de salida del edificio, tomando los criterios de asignación del punto 4.1.3 (DB SI 3).</p> <p><sup>(4)</sup> Número de salidas de planta exigidas y ejecutadas, según los criterios de ocupación y altura de evacuación establecidos en la tabla 3.1 (DB SI 3).</p> <p><sup>(5)</sup> Longitud máxima admisible y máxima en proyecto para los recorridos de evacuación de cada planta y sector, en función del uso del mismo y del número de salidas de planta disponibles, según la tabla 3.1 (DB SI 3).</p> <p><sup>(6)</sup> Anchura mínima exigida y anchura mínima dispuesta en proyecto, para las puertas de paso y para las salidas de planta del recorrido de evacuación, en función de los criterios de asignación y dimensionado de los elementos de evacuación (puntos 4.1 y 4.2 de DB SI 3). La anchura de toda hoja de puerta estará comprendida entre 0.60 y 1.23 m, según la tabla 4.1 (DB SI 3).</p> <p>* Longitud admisible para el recorrido de evacuación aumentada (25 %), al estar la zona protegida mediante una instalación automática de extinción, según nota al pie 1 de tabla 3.1 (DB SI 3).</p>									

Tabla 9. Ocupación, número de salidas y longitud de los recorridos de evacuación. Fuente CypeCad MEP

### 5.3 DIMENSIONADO Y PROTECCIÓN DE ESCALERAS Y PASOS DE EVACUACIÓN

Las escaleras previstas para evacuación se proyectan con las condiciones de protección necesarias en función de su ocupación, altura de evacuación y uso de los sectores de incendio a los que dan servicio, en base a las condiciones establecidas en la tabla 5.1 (DB SI 3).

Su capacidad y ancho necesario se establece en función de lo indicado en las tablas 4.1 de DB SI 3 y 4.1 de DB SUA 1, sobre el dimensionado de los medios de evacuación del edificio.

Escaleras y pasillo de evacuación del edificio							
Escalera	Sentido de evacuación	Altura de evacuación (m) (1)	Protección (2)(3)		Tipo de ventilación Norma	Ancho y capacidad de la escalera (5)	
			Norma	Proyecto		Ancho (m)	Capacidad (p)
Escalera	Ascendente	2.60	EP	EP	Por conductos	1.00	230
<p><b>Notas:</b></p> <p>(1) <i>Altura de evacuación de la escalera, desde el origen de evacuación más alejado hasta la planta de salida del edificio, según el Anejo DB SI A Terminología.</i></p> <p>(2) <i>La resistencia al fuego de paredes, puertas y techos de las escaleras protegidas, así como la necesidad de vestíbulo de independencia cuando son especialmente protegidas, se detalla en el apartado de compartimentación en sectores de incendio, correspondiente al cumplimiento de la exigencia básica SI 1 Propagación interior.</i></p> <p>(3) <i>La protección exigida para las escaleras previstas para evacuación, en función de la altura de evacuación de la escalera y de las zonas comunicadas, según la tabla 5.1 (DB SI 3), es la siguiente:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- NP := Escalera no protegida,</li> <li>- NP-C := Escalera no protegida pero sí compartimentada entre sectores de incendio comunicados,</li> <li>- P := Escalera protegida,</li> <li>- EP := Escalera especialmente protegida.</li> </ul> <p>(4) <i>Para escaleras protegidas y especialmente protegidas, así como para pasillos protegidos, se dispondrá de protección frente al humo de acuerdo a alguna de las opciones recogidas en su definición en el Anejo DB SI A Terminología:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mediante ventilación natural; con ventanas practicables o huecos abiertos al exterior, con una superficie útil de al menos 1 m<sup>2</sup> por planta para escaleras o de 0.2·L m<sup>2</sup> para pasillos (siendo 'L' la longitud del pasillo en metros).</li> <li>- Mediante conductos independientes y exclusivos de entrada y salida de aire; cumpliendo tamaños, conexionado y disposición requeridos en el Anejo DB SI A Terminología.</li> <li>- Mediante sistema de presión diferencial conforme a UNE EN 12101-6:2006.</li> </ul> <p>(5) <i>Ancho de la escalera en su desembarco y capacidad de evacuación de la escalera, calculada según criterios de asignación del punto 4.1 (DB SI 3), y de dimensionado según la tabla 4.1 (DB SI 3). La anchura útil mínima del tramo se establece en la tabla 4.1 de DB SUA 1, en función del uso del edificio y de cada zona de incendio.</i></p> <p><i>El desembarco no compartimentado de la escalera para evacuación ascendente proporciona la ventilación suficiente para cumplir la protección frente al humo exigible a la escalera, según los criterios para la interpretación y aplicación del Documento Básico DB SI publicados por el Ministerio de Fomento.</i></p>							

Tabla 10. Escaleras y pasillo de evacuación del edificio. Fuentes: CypeCad MEP.



#### 5.4 SEÑALIZACIÓN DE LOS MEDIOS DE EVACUACIÓN

Conforme a lo establecido en el apartado 7 (DB SI 3), se utilizarán señales de evacuación, definidas en la norma UNE 23034:1988, dispuestas conforme a los siguientes criterios:

- Las salidas de recinto, planta o edificio tendrán una señal con el rótulo "SALIDA", excepto en edificios de uso 'Residencial Vivienda' o, en otros usos, cuando se trate de salidas de recintos cuya superficie no exceda de 50 m<sup>2</sup>, sean fácilmente visibles desde todos los puntos de dichos recintos y los ocupantes estén familiarizados con el edificio.
- La señal con el rótulo "Salida de emergencia" se utilizará en toda salida prevista para uso exclusivo en caso de emergencia.
- Se dispondrán señales indicativas de dirección de los recorridos, visibles desde todo origen de evacuación desde el que no se perciban directamente las salidas o sus señales indicativas y, en particular, frente a toda salida de un recinto con ocupación mayor que 100 personas que acceda lateralmente a un pasillo.
- En los puntos de los recorridos de evacuación en los que existan alternativas que puedan inducir a error, también se dispondrán las señales antes citadas, de forma tal que quede claramente indicada la alternativa correcta.
- Tal es el caso de determinados cruces o bifurcaciones de pasillos, así como de aquellas escaleras que, continúen su trazado hacia plantas más bajas, etc.
- En dichos recorridos, junto a las puertas que no sean salida y que puedan inducir a error en la evacuación, debe disponerse la señal con el rótulo "Sin salida" en lugar fácilmente visible, pero en ningún caso sobre las hojas de las puertas.
- Las señales se dispondrán de forma coherente con la asignación de ocupantes que se pretenda hacer a cada salida de planta, conforme a lo establecido en el (DB SI 3).
- Los itinerarios accesibles para personas con discapacidad (definidos en el Anejo A de CTE DB SUA) que conduzcan a una zona de refugio, a un sector de incendio alternativo previsto para la evacuación de personas con discapacidad, o a una salida del edificio accesible, se señalarán mediante las señales establecidas en los párrafos anteriores a), b), c) y d).

Cuando dichos itinerarios accesibles conduzcan a una zona de refugio o a un sector de incendio alternativo previsto para la evacuación de personas con discapacidad, irán además acompañadas del rótulo “ZONA DE REFUGIO”.

- La superficie de las zonas de refugio se señalará mediante diferente color en el pavimento y el rótulo “ZONA DE REFUGIO” acompañado del SIA colocado en una pared adyacente a la zona.

Las señales serán visibles incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal. Cuando sean fotoluminiscentes, sus características de emisión luminosa cumplirán lo establecido en las normas UNE 23035-1:2003, UNE 23035-2:2003 y UNE 23035-4:2003 y su mantenimiento se realizará conforme a lo establecido en la norma UNE 23035-3:2003.

### 5.5 CONTROL DEL HUMO DE INCENDIO

Dada la presencia en el edificio de una zona de uso 'Aparcamiento', sin consideración de aparcamiento abierto, se instalará un sistema de control del humo de incendio capaz de garantizar dicho control durante la evacuación de los ocupantes, de forma que ésta se pueda llevar a cabo en condiciones de seguridad.

Según lo expuesto en el apartado 8 (DB SI 3), el sistema de control del humo en este caso puede compatibilizarse con el sistema de ventilación por extracción mecánica con aberturas de admisión de aire, previsto en el DB HS 3 Calidad del aire interior; ya que, además de las condiciones que allí se establecen para el mismo, cumple las siguientes condiciones especiales:

- El sistema será capaz de extraer un caudal de aire de 150 l/s por plaza de aparcamiento, activándose automáticamente en caso de incendio mediante una instalación de detección.
- Los ventiladores, incluidos los de impulsión para vencer pérdidas de carga y/o regular el flujo, tendrán una clasificación  $F_{300} 60$ .
- Los conductos que transcurran por un único sector de incendio tendrán una clasificación  $E_{300} 60$ . Los que atraviesen elementos separadores de sectores de incendio tendrán una clasificación EI 60.

En el caso de estudio, el control de humo se llevará a cabo mediante la instalación de dos centrales de detección automática de incendio, ya que, la ventilación prevista no cumple con las condiciones especiales descritas.

## 5.6 EVACUACIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN CASO DE INCENDIO

Los vestíbulos y descansillos de las escaleras del edificio se han diseñado con espacio suficiente para una silla de ruedas o con movilidad reducida. Las plazas tendrán 1,20x0,80m y podrá trazarse un círculo de más de 1,5m de diámetro que permita maniobrar la silla. Todos los itinerarios de la misma planta están al mismo nivel y se han dimensionado las puertas para que puedan pasar sillas de ruedas.

## 6 INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

### 6.1 DOTACIÓN DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Como norma general, se instalarán extintores portátiles de eficacia 21A -113B como mínimo a 15m de recorrido en planta como máximo.

Además, para aparcamientos se dispondrán las siguientes instalaciones:

#### **Aparcamiento**

Bocas de incendio equipadas	Si la superficie construida excede de 500 m <sup>2</sup> <sup>(7)</sup> . Se excluyen los <i>aparcamientos robotizados</i> .
Columna seca <sup>(5)</sup>	Si existen más de tres plantas bajo rasante o más de cuatro sobre rasante, con tomas en todas sus plantas.
Sistema de detección de incendio	En aparcamientos convencionales cuya superficie construida exceda de 500 m <sup>2</sup> <sup>(8)</sup> . Los <i>aparcamientos robotizados</i> dispondrán de pulsadores de alarma en todo caso.
Hidrantes exteriores	Uno si la superficie construida está comprendida entre 1.000 y 10.000 m <sup>2</sup> y uno más cada 10.000 m <sup>2</sup> más o fracción. <sup>(3)</sup>
Instalación automática de extinción	En todo <i>aparcamiento robotizado</i> .

*Tabla 11. Instalaciones en aparcamientos*

El edificio dispone de los equipos e instalaciones de protección contra incendios requeridos según la tabla 1.1 de DB SI 4 Instalaciones de protección contra incendios.

El diseño, ejecución, puesta en funcionamiento y mantenimiento de dichas instalaciones, así como sus materiales, componentes y equipos, cumplirán lo establecido, tanto en el artículo 3.1 del CTE, como en el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios (RD. 1942/1993, de 5 de noviembre), en sus disposiciones complementarias y en cualquier otra reglamentación específica que les sea de aplicación.

<b>Dotación de instalaciones de protección contra incendios en los sectores de incendio</b>					
Dotación	Extintores portátiles <sup>(1)</sup>	Bocas de incendio equipadas <sup>(2)</sup>	Columna seca	Sistema de detección y alarma <sup>(3)</sup>	Instalación automática de extinción
<b>Escaleras</b>					
Norma	Sí	No	No	No	No
Proyecto	Sí (2)	No	No	No	No
<b>Vestíbulo</b>					
Norma	No	No	No	No	No
Proyecto	Sí (1)	No	No	No	No
<b>Aparcamiento (Uso 'Aparcamiento')</b>					
Norma	Sí	Sí	No	Sí	No
Proyecto	Sí (6)	Sí (3)	No	Sí (30)	No
<p><i>Notas:</i></p> <p><sup>(1)</sup> Se indica el número de extintores dispuestos en cada sector de incendio. Con dicha disposición, los recorridos de evacuación quedan cubiertos, cumpliendo la distancia máxima de 15 m desde todo origen de evacuación, de acuerdo a la tabla 1.1, DB SI 4.</p> <p><sup>(2)</sup> Se indica el número de equipos instalados, de 25 mm, de acuerdo a la tabla 1.1, DB SI 4.</p> <p><sup>(3)</sup> Los sistemas de detección y alarma de incendio se distribuyen uniformemente en las zonas a cubrir, cumpliendo las disposiciones de la norma UNE 23007:96 que los regula.</p> <p>Los extintores que se han dispuesto, cumplen la eficacia mínima exigida: de polvo químico ABC polivalente, de eficacia 21A-144B-C.</p>					

Tabla 12. Dotación contra incendios en los sectores de incendios. Fuente CypeCad MEP

Se ha decidido instalar un extintor extra en el vestíbulo de independencia, aunque no sea necesario por normativa, para que, en caso de emergencia, las personas con movilidad reducida que se quarezcan en él hasta la llegada de los bomberos, lo usen si fuera preciso.

Además de estas dotaciones, se dispone 1 hidrante exterior a menos de 100 m de la fachada accesible del edificio, para el abastecimiento de agua del personal de bomberos en caso de incendio. Los requerimientos para número de hidrantes exteriores a instalar en el edificio, de acuerdo a la tabla 1.1, DB SI 4, son los siguientes:

- La superficie construida “Escaleras” es de 28 m<sup>2</sup>. No requiere hidrantes.
- La superficie construida de uso 'Aparcamiento' es de 1121 m<sup>2</sup>. Requiere, al menos, un hidrante.

## 6.2 CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE INSTALACIÓN DE BOCAS DE INCENDIO

El dimensionado de la red de PCI se ha realizado atendiendo a las presiones mínimas necesarias en los puntos de consumo, hallando la zona más desfavorable de la red conforme a la simultaneidad de uso para los equipos presentes en la misma:

- Simultaneidad para bocas de incendio equipadas (BIE): 2

El punto de trabajo requerido para el grupo de presión '**A1 (Planta baja)**' es:

- Presión de salida: **54.42 m.c.a.**
- Caudal de salida: **3.172 l/s**

Cumpliendo también que, para un caudal de salida un 40% superior al nominal, la presión de salida del grupo es superior al 70% del punto de trabajo calculado.

Se muestra a continuación la justificación del cálculo hidráulico en la zona más desfavorable para el grupo de presión seleccionado:

Tramo	L	Q	v	J	P <sub>i</sub>	Δh	ΔP	P <sub>f</sub>	Ø	DN
<b>A1 -&gt; A (Sótano)</b>	2.13	3.172	1.4	73	54.42	2.13	0.16	52.13	53.1	2"
A -> B	9.55	1.591	0.7	20	52.13	--	0.19	51.94	53.1	2"
B -> A2	0.83	1.591	1.6	134	51.94	-0.83	0.11	52.66	36.0	1 1/4"
<b>A2, BIE 25 mm (K = 42), (Sótano)</b>		<b>1.591</b>						<b>52.66</b>		
A -> D	42.23	1.581	0.7	20	52.13	--	0.85	51.28	53.1	2"
D -> A4	0.83	1.581	1.6	134	51.28	-0.83	0.11	52.00	36.0	1 1/4"
<b>A4, BIE 25 mm (K = 42), (Sótano)</b>		<b>1.581</b>						<b>52.00</b>		

Notas:

- L: Longitud real del tramo
- Q: Caudal
- v: Velocidad
- J: Pérdida de carga en el tramo
- P<sub>i</sub>: Presión de entrada al tramo
- Δh: Altura salvada por el tramo
- ΔP: Caída de presión en el tramo
- P<sub>f</sub>: Presión de salida
- Ø: Diámetro interior de la tubería
- DN: Diámetro nominal de la tubería

Tabla 13. Cálculo de la instalación de bocas de incendio. Fuente: CypeCad MEP

El grupo de presión encargado de bombear el agua hasta las tres bocas de incendio del proyecto, se conectará a red general de abastecimiento del municipio mediante una acometida de 200 mm, permitiendo así, abastecer de agua la instalación en caso de incendio.

### 6.3 SEÑALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES MANUALES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Los medios de protección contra incendios de utilización manual (extintores, bocas de incendio, hidrantes exteriores, pulsadores manuales de alarma y dispositivos de disparo de sistemas de extinción) están señalizados mediante las correspondientes señales definidas en la norma UNE 23033-1. Las dimensiones de dichas señales, dependiendo de la distancia de observación, son las siguientes:

- De 210 x 210 mm cuando la distancia de observación no es superior a 10 m.
- De 420 x 420 mm cuando la distancia de observación está comprendida entre 10 y 20 m.
- De 594 x 594 mm cuando la distancia de observación está comprendida entre 20 y 30 m.

Las señales serán visibles, incluso en caso de fallo en el suministro eléctrico del alumbrado normal, mediante el alumbrado de emergencia o por fotoluminiscencia. Para las señales fotoluminiscentes, sus características de emisión luminosa cumplen lo establecido en las normas UNE 23035-1:2003, UNE 23035-2:2003 y UNE 23035-4:2003 y su mantenimiento se realizará conforme a lo establecido en la norma UNE 23035-3:2003.

## 7 RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA

La resistencia al fuego de los elementos estructurales principales del edificio cumple con los requisitos del CTE SB SI 6 Resistencia al fuego de la estructura, como se aprecia en las siguientes tablas.

Uso del sector de incendio considerado <sup>(1)</sup>	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante altura de evacuación del edificio		
		≤15 m	≤28 m	>28 m
Vivienda unifamiliar <sup>(2)</sup>	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 <sup>(3)</sup>	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)		R 90		
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)		R 120 <sup>(4)</sup>		

<sup>(1)</sup> La resistencia al fuego suficiente R de los elementos estructurales de un suelo que separa sectores de incendio es función del uso del sector inferior. Los elementos estructurales de suelos que no delimitan un sector de incendios, sino que están contenidos en él, deben tener al menos la resistencia al fuego suficiente R que se exige para el uso de dicho sector.

<sup>(2)</sup> En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la resistencia al fuego exigible a edificios de uso Residencial Vivienda.

<sup>(3)</sup> R 180 si la altura de evacuación del edificio excede de 28 m.

<sup>(4)</sup> R 180 cuando se trate de aparcamientos robotizados.

Tabla 14. Resistencia requerida para elementos estructurales. Fuente CTE



A continuación, se reflejan las resistencias de los elementos constructivos obtenidos del programa Cype, en base a la normativa CTE SB SI 6 Resistencia al fuego de la estructura:

Resistencia al fuego de la estructura						
Sector o local de riesgo especial <sup>(1)</sup>	Uso de la zona inferior al forjado considerado	Planta superior al forjado considerado	Material estructural considerado <sup>(2)</sup>			Estabilidad al fuego mínima de los elementos estructurales <sup>(3)</sup>
			Soportes	Vigas	Forjados	
Escaleras	-	Cubierta	estructura de hormigón	estructura de hormigón	estructura de hormigón	R 120
Aparcamiento	Aparcamiento	Cubierta	estructura de hormigón	estructura de hormigón	estructura de hormigón	R 120

**Notas:**

<sup>(1)</sup> Sector de incendio, zona de riesgo especial o zona protegida de mayor limitación en cuanto al tiempo de resistencia al fuego requerido a sus elementos estructurales. Los elementos estructurales interiores de una escalera protegida o de un pasillo protegido serán como mínimo R 30. Cuando se trate de escaleras especialmente protegidas no es necesario comprobar la resistencia al fuego de los elementos estructurales.

<sup>(2)</sup> Se define el material estructural empleado en cada uno de los elementos estructurales principales (soportes, vigas, forjados, losas, tirantes, etc.)

<sup>(3)</sup> La resistencia al fuego de un elemento se establece comprobando las dimensiones de su sección transversal, obteniendo su resistencia por los métodos simplificados de cálculo dados en los Anejos B a F (CTE DB SI Seguridad en caso de incendio), aproximados para la mayoría de las situaciones habituales.

Tabla 15. Resistencia al fuego de los elementos estructurales. Fuente. CypeCad MEP

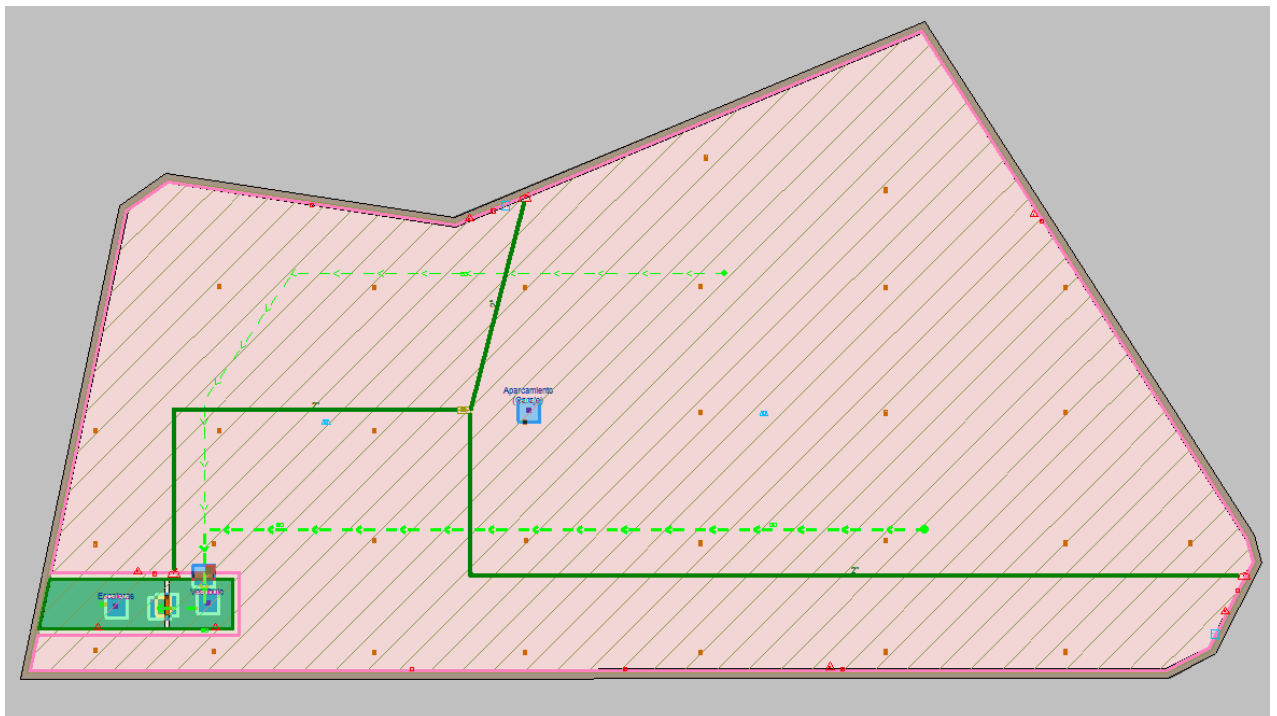


Figura 3. Recorrido de evacuación, dotaciones e instalación hidráulica para bocas de incendio en plata sótano. Fuente: CypeCad MEP

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 12- VIGILANCIA Y COMUNICACIÓN***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019



## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	339
2	SISTEMA DE INTERFONÍA.....	339
3	SISTEMA DE VIGILANCIA .....	340
3.1	CONTROL DE ACCESOS.....	340
3.2	SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA EXTERIOR .....	341
3.3	SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA INTERIOR (CCTV).....	342
3.4	COMUNICACIONES PARA LA CÁMARA .....	344
3.5	ASPECTOS LEGALES DE IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA.....	344

## 1 INTRODUCCIÓN

En este anejo se presentan los diseños de las instalaciones de interfonía y vigilancia del aparcamiento. Éstos se complementarán unos a otros en lo que será el sistema de seguridad del edificio.

El sistema de interfonía pondrá en contacto las zonas de resguardo con el centro de control, y la vigilancia tanto interior como exterior detectará incidencias desde un único puesto de control.

Se considera que el sistema de video vigilancia será una herramienta complementaria al sistema de control de accesos, el cual permitirá el control de los coches que acceden al aparcamiento y facilitará el seguimiento de los desplazamientos de vehículos y personas dentro del parking.

Se llevará a cabo la implantación de dicho sistema de vigilancia, a fin de asegurar un buen uso de las plazas de aparcamiento por parte de los titulares temporales de las plazas de concesión municipal y evitar el subalquiler de las mismas a terceros, pudiendo solo ser disfrutadas por los adjudicatarios de dichas plazas y su familia directa.

Debido al reducido número de usuarios que tendrá el aparcamiento y teniendo en cuenta el reducido flujo de vehículos y personas que se prevé en él por su carácter municipal para residentes, no tiene sentido la contratación de personal para el control de la seguridad “in situ”.

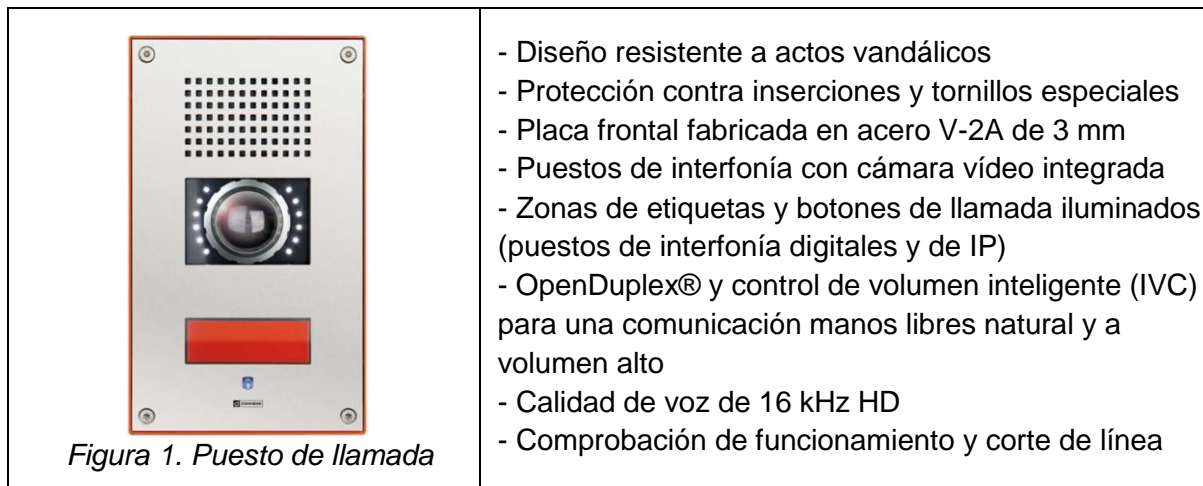
Por lo tanto, se ha decidido que la gestión del sistema completo de seguridad del aparcamiento (sistema de interfonía y sistema de vigilancia), se llevará a cabo por una empresa de seguridad especializada en la materia que será subcontratada cuando el aparcamiento esté ejecutado.

## 2 SISTEMA DE INTERFONÍA

Dados los requisitos y condiciones del aparcamiento se ha optado por implantar un sistema de interfonía IP integrado en el sistema general de comunicaciones Ethernet IP del parking. El sistema consiste en un puesto de llamada de emergencia ubicado en la zona de refugio de las escaleras, que enlaza con un terminal de gestión de interfonía ubicado en el Centro de Control externo.

El sistema de Interfonía estará compuesto por los siguientes elementos:

- **Puesto de llamada de emergencia - Serie WS 210V CM (Commend).**



El puesto de llamada de emergencia cuenta con botones de llamada, cámara de video IP a color integrada con iluminación, calefactor integrado y ángulo de visión ajustable mecánicamente en horizontal o en vertical en 30°. El micrófono tiene un amplificador de clase "D" de 2,5 W, y hay dos altavoces de 8  $\Omega$ .

Este puesto de llamada estará conectado a un Centro de Control externo gestionado por una empresa especializada en este tipo de servicios, la cual, gestionará la interfonía en caso de emergencia, derivando rápidamente el aviso a los Bomberos o Ertzaintza.

### 3 SISTEMA DE VIGILANCIA

#### 3.1 CONTROL DE ACCESOS

La implantación del sistema de control de acceso de vehículos supone acabar con los problemas relacionados con el fraude por subalquiler de las plazas de carácter municipal y con el robo de vehículos.

Por cada vehículo que accede al parking o salga de él, el sistema realiza la lectura de la matrícula, gracias a la tecnología de visión artificial que es capaz de leer los caracteres de la misma. Dicha matrícula, será comparada con las matrículas de los vehículos de los propietarios guardadas en base de datos del sistema y si la matrícula no coincidiese con las matrículas registradas en la base de datos, el sistema remitirá una alerta al Centro de

Control y la plataforma elevadora quedará bloqueada para imposibilitar al vehículo no reconocido el acceso al aparcamiento.

Así mismo, el sistema funcionará de igual manera para los vehículos que estén en el interior e intenten acceder al exterior mediante la plataforma elevadora, con el fin de evitar el robo de vehículos.

Además, también existe la opción de registrar la imagen del conductor. Esto proporciona una gran cantidad de ventajas:

- Evitar el fraude de subalquiler de las plazas de carácter municipal.
- Se evita salir del recinto con un vehículo robado.
- Impide reclamar el robo de un vehículo que nunca entró.
- Guarda un registro de las incidencias y actuaciones sobre cada una de las cámaras permitiendo vincularlos a los vehículos.
- Capta imágenes a la entrada y salida en las que se puede contrastar el estado del vehículo en caso de que se reclamen desperfectos.
- Alerta de vehículos en función de la matrícula notificando si son no deseados o si se ha denunciado su robo.
- Permite una rápida obtención de información en situaciones de emergencia (coche bomba).
- Se integra en la misma red de comunicaciones que las cámaras de vigilancia e interfonos.

### 3.2 SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA EXTERIOR

En el exterior del edificio se ubicarán dos cámaras DOMO las cuales se situarán, una en la entrada/salida de vehículos de la calle Gordóniz y otra en la entrada/salida de usuarios junto a la Estrada Caleros. La instalación de estas cámaras permitirá la observación tanto de la entrada y la salida de vehículos por la plataforma elevadora, como la entrada y salida de usuarios por las escaleras y ascensor.

Esta aplicación permite el registro y control de vehículos y personas, permitiendo detectar cualquier incidencia y asegurar la seguridad de los propietarios y sus vehículos.



*Figura 2. Cámara Domo (Catálogo Focom Sistemas 2017)*

Al estar equipadas con una óptica de Zoom x36 y capacidad de movilidad, permitirán monitorizar vehículos a una distancia superior a 200 metros.

### **3.3 SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA INTERIOR (CCTV)**

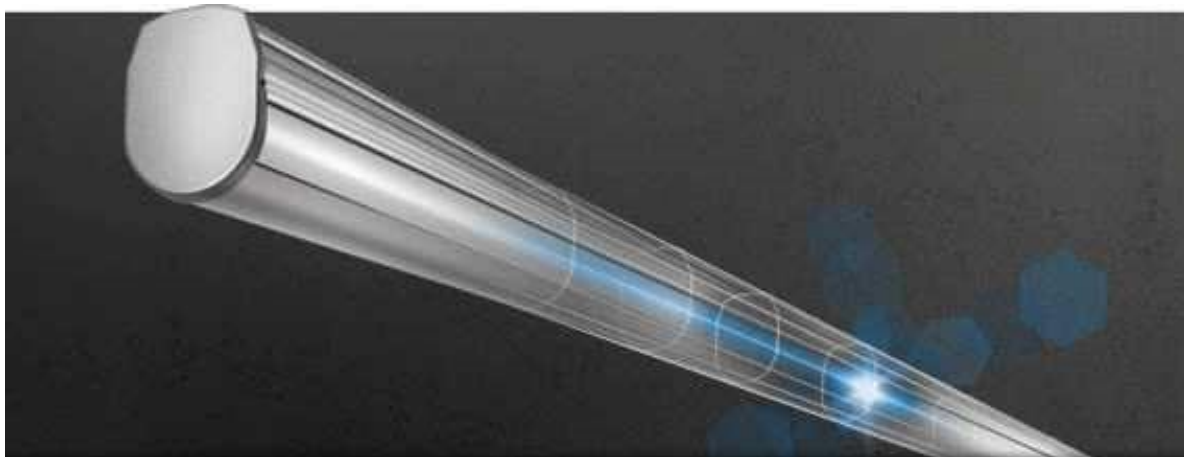
Dadas las características geométricas del aparcamiento, en vez de optar por un gran número de cámaras fijas que no dejen puntos ciegos, se ha decidido implantar una única cámara PTZ móvil tipo TUB camera®.

La particularidad de esta cámara PTZ es que a parte de realizar sus movimientos característicos (Pan, Tilt, Zoom) también es capaz de desplazarse a lo largo del tubo que la contiene. Este matiz permite hacer un perfecto seguimiento tanto de personas como de vehículos en el interior del parking sin tener que cambiar de visualización en pantalla del centro de control, lo que lo hace más sencillo e intuitivo de manejar.



*Figura 3. Cámara dentro de tubo espejo*

Este sistema de CCTV ofrece un 100% de cobertura sin obstáculos y gracias a su diámetro reducido, su acabado en espejo y su desplazamiento silencioso, no representa una amenaza para el público y pasa desapercibida para los sospechosos creyendo que no están siendo observados.



*Figura 4. Tubo espejo*

- **Características generales del sistema:**
  - Alta calidad de las imágenes
  - Movimiento de gran rapidez
  - Control muy intuitivo
  - Longitud ilimitada
  - Compatible con sistemas CCTV analógicos e IP con facilidad de integración.
- **Parámetros técnicos:**
  - Longitud: Ilimitada (construcción modular de 6 metros/módulo)

- Diámetro de tubo: 17 cm
- Velocidad de desplazamiento: > 6 m/s
- Óptica de Zoom: 28x (óptico)
- Rotación de la cámara (Pan): 360° en continuo
- Movimiento vertical (Tilt): >90°

El control de la cámara móvil se realiza mediante una consola la que incorpora dos Joysticks (palancas de mando) permitiendo variar la velocidad de desplazamiento y manejar las funciones PTZ (Pan, Tilt, Zoom).

La versión IP del sistema se adapta a sistemas con el estándar de comunicaciones Ethernet permitiendo la unificación y simplificación de cableado integrando en el mismo sistema de comunicaciones a todos los sistemas de control y seguridad.

### **3.4 COMUNICACIONES PARA LA CÁMARA**

La cámara IP de cada planta está conectada al armario de comunicaciones de la planta mediante un cable UTP Cat.5 donde se encuentra el Conmutador Ethernet multipuerto PoE con velocidad de transmisión 10/100 Mb/s autonegociable (Puerto TX).

### **3.5 ASPECTOS LEGALES DE IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE VIDEOVIGILANCIA**

Los aspectos legales de cualquier instalación del circuito cerrado de televisión de carácter público los regula la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. Para garantizar la legalidad del circuito CCTV en la instalación en la Finca en cuestión, se cumplirán los siguientes requisitos:

- Dicha instalación será legalizada mediante el "Fichero de Agencia Española de Protección de Datos".
- Se proporcionará el código de inscripción del fichero llamado "Fichero de videovigilancia" en el Registro de Protección de Datos de la Administración Pública.
- Se proporcionará un informativo relacionado con las prestaciones y funcionalidades del sistema de videovigilancia instalado a disposición de cualquier ciudadano que lo requiera, tal como dispone el art. 3.b de la Instrucción 1/200 de la Ley de Protección de Datos.

- Mediante los carteles normalizados, se anunciará la existencia de las cámaras y los mismos se ubican en el interior plataforma elevadora para la entrada de vehículos y en las puertas internas y ascensor de acceso al garaje.



*Figura 5. Cartel normalizado*

- La Comunidad dispondrá de contrato para "la conservación del circuito cerrado de televisión (CCTV)" de la finca.
- Las imágenes grabadas por las cámaras serán enviadas mediante una conexión privada de internet a la empresa de seguridad encargada de la gestión y control de la seguridad, por lo que se prescindirá de monitores para la visualización de las imágenes en el aparcamiento.
- Dicha empresa deberá grabar las imágenes en disco duro y conservarlas durante 30 días para posibles comprobaciones si fuesen necesarias.
- Únicamente podrán acceder a la información recogida en el disco duro el Administrador de la Finca y la empresa que prestará el servicio de control y conservación del mismo.



- Las personas que puedan acceder físicamente al sistema de videovigilancia son únicamente el Administrador de la finca y la empresa contratada para la prestación del servicio de control y conservación del circuito cerrado de televisión (CCTV) de la finca, en el caso de que sea necesario realiza reparaciones o reajustes de los equipos.
- Las imágenes captadas, únicamente quedarán registradas en el disco duro del soporte informático que la empresa de seguridad, estando exclusivamente a disposición de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado, si en algún momento le fueran requeridas.

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 13- SEÑALIZACIÓN***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	347
2	SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	347
2.1	INTRODUCCIÓN .....	347
2.2	CARACTERÍSTICAS.....	348
2.2.1	SEÑALES DE REGLAMENTACIÓN .....	348
2.2.2	SEÑALES DE EMERGENCIA.....	350
3	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL. MARCAS VIALES.....	351
3.1	INTRODUCCIÓN .....	351
3.2	CARACTERÍSTICAS.....	351
3.2.1	TIPOS.....	351
3.2.2	COLOR Y REFLECTANCIA .....	352
3.2.3	MATERIALES .....	352
3.3	TIPOS DE MARCAS VIALES .....	354
3.3.1	MARCAS LONGITUDINALES CONTINUAS Y DISCONTINUAS .....	354
3.3.2	MARCAS TRANSVERSALES CONTINUAS Y DISCONTINUAS .....	354
3.3.3	FLECHAS .....	355
3.3.4	INSCRIPCIONES .....	356

## 1 INTRODUCCIÓN

Mediante este anejo se pretende definir las características que deberán tener las diferentes señalizaciones destinadas a la circulación de tráfico rodado. Las características de estas señalizaciones serán de importancia para una correcta, segura y eficiente ordenación de la circulación vehicular en el interior del aparcamiento.

La normativa que rige el diseño de estas señalizaciones son las siguientes Instrucciones del Ministerio de Fomento:

- Señalización vertical: Instrucción 8.1 – IC
- Señalización horizontal: Instrucción 8.2 – IC

Además, se ha tenido en cuenta lo estipulado en el DB SUA 7 “Seguridad frente al riesgo causado por vehículos en movimiento” del CTE.

En cuanto a los dos tipos de señalización, vertical y horizontal, en el plano 2.2. Distribución Arquitectónica Planta Sótano del presente proyecto se refleja la señalización horizontal requerida para la circulación rodada en el interior del aparcamiento. En cuanto a la señalización vertical, no se ha proyectado su instalación, dejando su futura implantación, si fuese necesario, en manos de la Dirección Facultativa, la cual, una vez ejecutado el aparcamiento, deberá examinar la necesidad de dicha señalización vertical en los

## 2 SEÑALIZACIÓN VERTICAL

### 2.1 INTRODUCCIÓN

La señalización vertical de carreteras viene definida por la Instrucción de Carreteras Norma 8.1 – IC: Señalización vertical, aprobada por Orden de 28 de Diciembre de 1999 por el entonces Ministerio de Obras Públicas, actualmente Ministerio de Fomento.

El objetivo de esta Instrucción es la de definir las características de toda señal vertical cuya función sea la de informar y ordenar la circulación de vehículos. Mediante esta señalización se persiguen tres objetivos principales:

- Aumentar la seguridad de la circulación.
- Aumentar la eficacia de la circulación.
- Aumentar la comodidad de la circulación.

### 2.2 CARACTERÍSTICAS

La señalización del presente anejo tiene como finalidad definir la circulación de un aparcamiento, indicando a los usuarios las indicaciones a seguir de la forma más clara y sencilla posible. Las principales señalizaciones que serán de aplicación en este proyecto son las siguientes:

#### 2.2.1 SEÑALES DE REGLAMENTACIÓN

Son aquellas señales mediante las cuales se informa a los usuarios de las características de la vía. Generalmente son de forma circular, y se designan por la letra “R” seguida de un número. Estas se dividen a su vez en las siguientes:

- De prioridad: Ponen en conocimiento de los usuarios de la vía reglas especiales en las intersecciones o pasos estrechos.
- De prohibición de entrada: Prohíben un comportamiento susceptible de provocar un peligro.
- De restricción de paso: Delimitan la circulación de aquellos vehículos que no cumplen las condiciones establecidas para la circulación segura.
- Otras prohibiciones o restricciones: Prohíben o delimitan acciones menos usuales. -De obligación: Exigen o permiten la circulación de ciertos vehículos en un sentido concreto.
- De fin de prohibición o restricción: Informan de que el tramo de prohibición o delimitación ha terminado.

Las principales señales son las que se muestran a continuación:

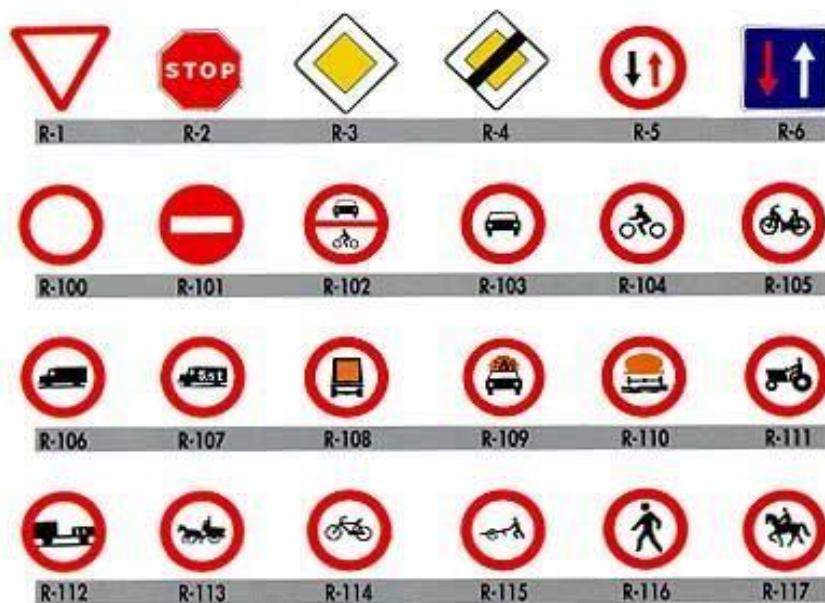


Figura 1. Señales de reglamentación

En cuanto al tamaño de las señales, estas dependerán del tipo de vía al que vayan destinadas. Así, para aquellas señales que deban ser vistas desde un vehículo en movimiento, se deberán seguir las dimensiones de la siguiente figura, mientras que aquellas que no requieran ser vistas desde un vehículo en movimiento podrán tener dimensiones menores a las indicadas.

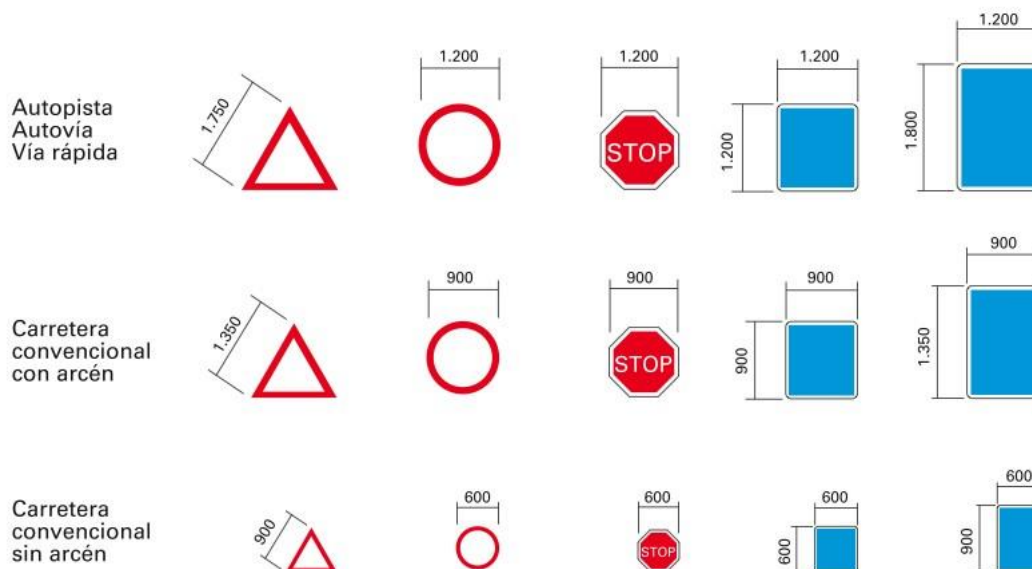


Figura 2. Tamaño de las señales

### 2.2.2 SEÑALES DE EMERGENCIA


Además de las señales de reglamentación para la circulación de vehículos, existen una serie de señales de emergencia destinadas a garantizar la seguridad de los usuarios en caso de un accidente o cualquier otra emergencia.

Estas señales corresponden principalmente a la señalización de dispositivos antincendios y de evacuación.



Figura 3. Señalización de emergencia

Este tipo de señales tendrán un fondo rojo cuando se trate de señalización de protección contra incendios, mientras que serán de fondo verde cuando se trate de señalización de evacuación. Serán en cualquier caso señales retroluminiscentes, y su tamaño variará según la distancia de visualización, como se observa en la siguiente tabla:



Dimensiones mm		Distancia máx. visualización	
b	h	UNE 81-501	CTE
170	250	18,8 m	
210	297		<10 m
230	340		<10 m
297	420	13,3 m	
420	594		10<d<20 m

Figura 4. Tamaño señales de emergencia

### 3 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL. MARCAS VIALES

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

Las marcas viales, también conocidas como señalización vertical, están reglamentadas por la Instrucción de Carreteras Norma 8.2 – IC aprobada por orden ministerial el 16 de Julio de 1987. Además, en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carretera y Puentes (PG-3) se recogen algunas de las características que definen estas marcas viales. Estas señales son marcas dibujadas directamente sobre el pavimento, y sus funciones son varias, entre las que se encuentran principalmente las siguientes:

- Delimitar los carriles de circulación.
- Separar los sentidos de circulación.
- Indicar el borde de la calzada.
- Delimitar las zonas excluidas a la circulación de vehículos.
- Completar o precisar el significado de la señalización vertical.
- Repetir o recordar una señal vertical.

#### 3.2 CARACTERÍSTICAS

##### 3.2.1 TIPOS

Básicamente, se pueden clasificar en dos tipos:



- Tipo 1: marcas viales convencionales.
- Tipo 2: marcas viales, con resaltes o no, diseñadas específicamente para mantener sus propiedades en condiciones de lluvia o humedad.

Debido a las características climáticas de la ubicación de este proyecto, en el País Vasco, las marcas deberán ser del Tipo2, para garantizar su correcto uso.

### 3.2.2 COLOR Y REFLECTANCIA

Las marcas viales pueden ser de tres colores diferentes:

- Blanco: Las marcas viales serán en general de color blanco.
- Amarillo: Serán de color amarillo las marcas, continuas o discontinuas, colocadas junto al borde de la calzada para indicar prohibición de parada o estacionamiento. Asimismo, serán de color amarillo las líneas en zig-zag que expresen lugares para uso reservado y las cuadrículas que recuerden la prohibición de bloquear una intersección.
- Azul: Podrán utilizarse marcas de color azul para delimitar una zona de estacionamiento de duración limitada.

Por otra parte, las marcas viales de color blanco serán en general reflectantes. Podrán exceptuarse de serlo las aplicadas en vías iluminadas o urbanas. Las marcas amarillas o azules, en general no serán reflectantes.

### 3.2.3 MATERIALES

Para la realización de marcas viales se utilizarán pinturas termoplásticas de aplicación en caliente, plásticas de aplicación en frío o prefabricadas, y el carácter reflectante se conseguirá mediante la incorporación de microesferas de vidrio.

La selección de la clase de material más adecuada se llevará a cabo mediante la determinación del factor de desgaste, según lo indicado en el PG-3, definido como la suma de los cuatro valores de la siguiente tabla:

CARACTERÍSTICA	VALOR INDIVIDUAL DE CADA CARACTERÍSTICA					
	1	2	3	4	5	8
<b>Situación de la marca vial</b>	Marca en zona excluida al tráfico	Banda lateral izquierda, en carreteras de calzadas separadas	Banda lateral derecha, en carreteras de calzadas separadas, o laterales, en carreteras de calzada única	Eje o separación de carriles	Marcas viales para separación de carriles especiales	Pasos de peatones y ciclistas. Símbolos, letras y flechas
<b>Textura superficial del pavimento (altura de arena, en mm) UNE 135 275</b>	Baja $H < 0,7$	Media $0,7 \leq H \leq 1,0$	-	Alta $H > 1,0$	-	-
<b>Tipo de vía y ancho de calzada (a, en m)</b>	Carreteras de calzadas separadas	Carreteras de calzada única y buena visibilidad a $> 7,0$	Carreteras de calzada única y buena visibilidad $6,5 < a \leq 7,0$	Carreteras de calzada única y buena visibilidad a $\leq 6,5$	Carreteras de calzada única y mala visibilidad a cualquiera	--
<b>IMD</b>	$\leq 5.000$	$5.000 < \text{IMD} \leq 10.000$	$10.000 < \text{IMD} \leq 20.000$	$> 20.000$	--	--

Nota Para aplicaciones directas sobre mezclas drenantes, la textura superficial deberá ser entendida como porcentaje de huecos, aplicándose el valor 1 cuando el % de huecos sea inferior al 20%, el valor 2 cuando el % de huecos esté comprendido entre el 20 y el 25%, y el valor 3 cuando el % de huecos sea superior al 25%.

Tabla 1. Características de las marcas según PG-3

Por tanto, aplicado a este proyecto, el factor de desgaste para las diferentes marcas viales sería el siguiente:

Tipo de marca	Situación	Textura	Tipo de vía	IMD	Factor de desgaste
Longitudinal	-	-	-	-	-
Transversal	8	2	4	1	15
Flechas	8	2	4	1	15
Ceda el Paso	8	2	4	1	15
Stop	8	2	4	1	15
Delimitación plazas	8	2	4	1	15
Cebreado	8	2	4	1	15

Tabla 2. Factor de desgaste

Según se estipula en el PG-3, los tipos de materiales en función del factor de desgaste son los siguientes:

FACTOR DE DESGASTE	CLASE DE MATERIAL
4 - 9	Pinturas
10 - 14	Productos de larga duración aplicados por pulverización (termoplásticos de aplicación en caliente y plásticos en frío) o marca vial prefabricada.
15 - 21	Marca vial prefabricada o productos de larga duración (termoplásticos en caliente y plásticos en frío), aplicados por extrusión o por arrastre.

Figura 5. Factor de desgaste y clase de material según PG-3

Por tanto, para cualquier tipo de marca vial de este proyecto, el material más adecuado para utilizar sería el correspondiente a un factor de desgaste 15-21, que se trata de productos de larga duración aplicados por extrusión o por arrastre.

### 3.3 TIPOS DE MARCAS VIALES

#### 3.3.1 MARCAS LONGITUDINALES CONTINUAS Y DISCONTINUAS

En el presente proyecto no se prevé la incorporación de marcas longitudinales continuas, ya que las marcas de delimitación de las plazas de aparcamiento marcarán el límite del carril rodado, ni marcas longitudinales discontinuas, ya que solo existe un único carril de rodadura

#### 3.3.2 MARCAS TRANSVERSALES CONTINUAS Y DISCONTINUAS

Este tipo de líneas indican que ningún conductor debe franquearla con su vehículo, en cumplimiento de una obligación impuesta por uno de los siguientes casos:

- Una señal de detención obligatoria
- Una marca vial de STOP
- Una señal de prohibición de pasar sin detenerse
- Un paso para peatones
- Una señal de paso a nivel
- Un semáforo
- Una señal de detención efectuada por un agente de circulación.

Este tipo de líneas tendrá en todo caso un grosor de 40cm.

En cuanto a las marcas longitudinales discontinuas, estas expresan la prohibición de atravesarla a cualquier conductor, cuando se tenga que ceder el paso en cumplimiento de la obligación impuesta por:

- Una señal o marca de Ceda el paso.
- Una flecha verde de giro en un semáforo.
- Cuando no haya ninguna señal de prioridad, por aplicación de las normas.

El uso de estas líneas transversales se reducirá a dos casos en este proyecto, línea de detención obligatoria y marca para paso de peatones:

- Línea de detención obligatoria. Esta línea se deberá tener un grosor de 40 cm.



*Figura 6. Línea transversal de detención*

- Marca de paso para peatones. En este caso, la línea estará formada por un grosor de 50cm, así como una separación de 50cm. La longitud mínima en materia de accesibilidad

### 3.3.3 FLECHAS

Una flecha pintada sobre la calzada indica que todo conductor debe seguir con su vehículo el sentido impuesto por la misma. Estas flechas son de tres tipos, de frente, de giro a la derecha (o izquierda) y de frente o giro a la derecha (o izquierda). Para velocidades inferiores a 60Km/h, las dimensiones son las indicadas en la figura:

Las flechas previstas en el proyecto, cumplen con las dimensiones estipuladas por la norma.

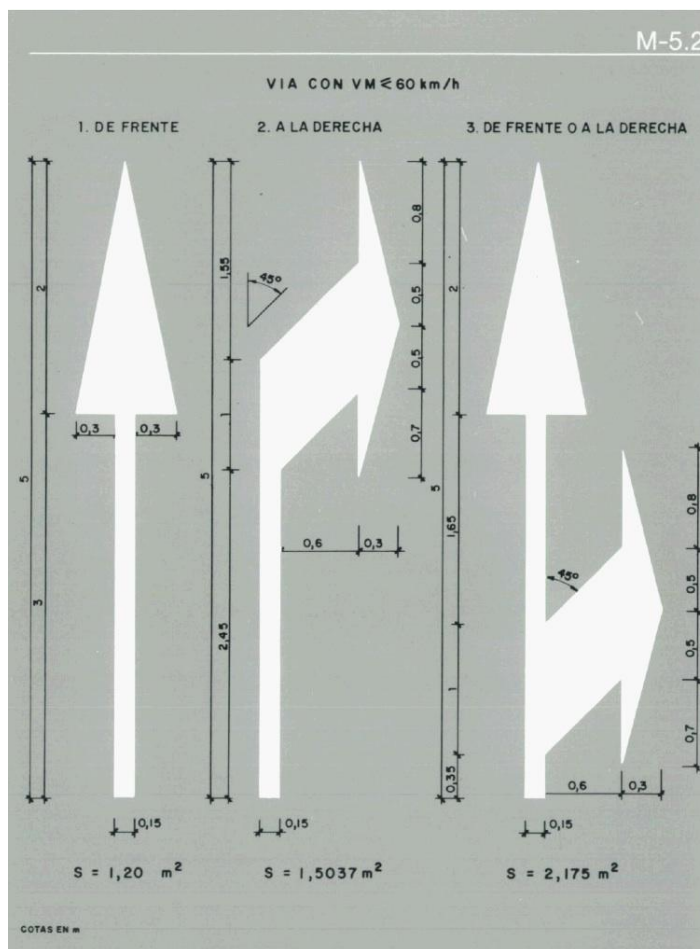


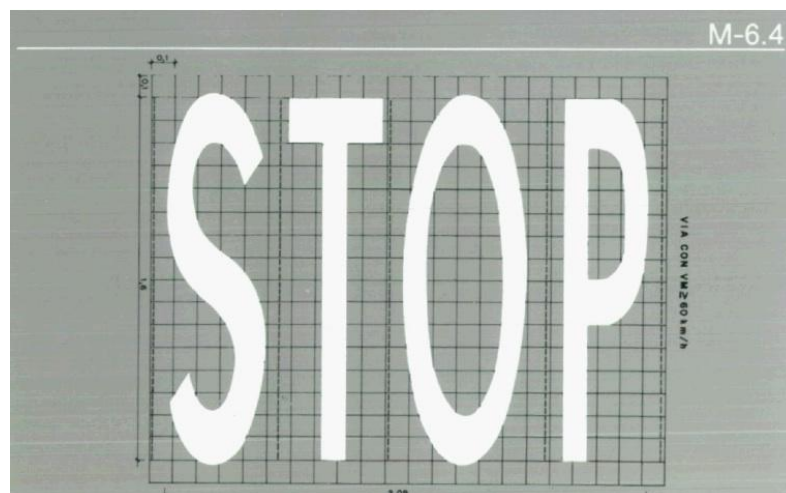
Figura 7. Flechas viales

### 3.3.4 INSCRIPCIONES

Este tipo de marcas tienen por objeto proporcionar al conductor una información complementaria recordándole la obligación de cumplir lo ordenado por una señal vertical.

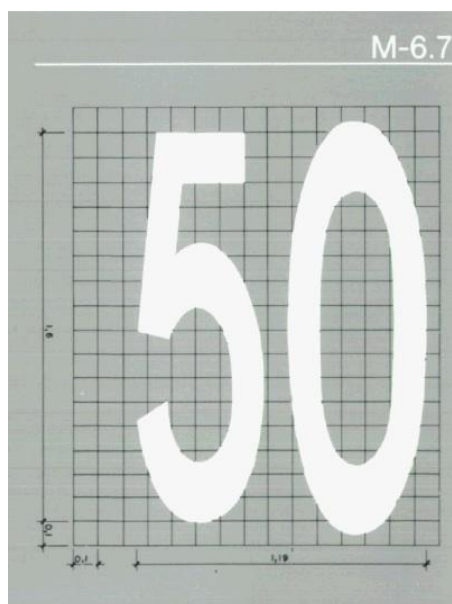
Se incluye en el proyecto una señal horizontal de stop para gestionar la entrada y salida de los coches del aparcamiento. La señal indica al conductor la obligación de parar ante una línea próxima de detención y ceder el paso a los vehículos que circulen por esa calzada.

Para vías de velocidad inferior a 60Km/h, como es el caso, donde la velocidad máxima será de 20 km/h, las dimensiones de la marca serán de 1,6m de altura y 2,09 de anchura, y se colocará a una distancia de entre 5 y 10m de la línea de detención.



*Figura 8. Señal horizontal de STOP*

Además, también se incluirá una señal horizontal de limitación de velocidad a 20 km/h, según lo estipulado por la normativa de aparcamientos. Para vías de menos de 60 km/h, como es el caso, esta señal tendrá una altura de 1,6 m y una anchura de 1,19 m.



*Figura 9. Señal horizontal de límite de velocidad*

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 14- MOBILIARIO Y JARDINERÍA***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	358
2	MOBILIARIO Y JARDINERÍA DE EXTERIOR .....	358
2.1	BANCOS .....	358
2.2	PAPELERAS .....	359
2.3	BARANDILLAS.....	359
2.4	PUERTA CUARTO DE INSTALACIONES .....	361
2.5	ÁRBOLES AUTÓCTONOS .....	361
2.1	FLORES .....	362
2.2	CESPED POR SIEMBRA .....	363
3	MOBILIARIO DE INTERIOR .....	364
3.1	PASAMANOS ESCALERA.....	364
3.2	ASCENSOR .....	364
3.3	PLATAFORMA ELEVADORA .....	365
3.4	PUERTAS .....	368
3.4.1	PUERTAS CORTAFUEGOS .....	368



## 1 INTRODUCCIÓN

Mediante el presente documento se definirá el conjunto de elementos que formarán parte del mobiliario del proyecto. Se describirá tanto el mobiliario que se dispondrá en el interior del aparcamiento, como el mobiliario urbano de exterior que se situará en la cubierta del edificio, con la intención de integrar la parcela en el conjunto del suelo urbano consolidado del municipio de Bilbao.

En este sentido, se considera mobiliario urbano a los elementos utilizados para el uso público como: asientos, mesas, papeleras, bolardos, etc. Teniendo en cuenta la Orden VIV/561/2010, publicada en el BOE-A-2010-4057. También se tendrán en cuenta la normativa recogida por el CTE DB-SUA y CTE DB-SI.

Mencionar, que el mobiliario tanto de exterior como de interior, planteados en el presente anejo están sujetos a disponibilidad en el momento de la ejecución, por lo que, si no fuese posible la instalación de los modelos especificados a continuación, la Dirección de obra podrá seleccionar otros de características similares, siempre que cumplan la normativa reflejada en el presente anejo.

## 2 MOBILIARIO Y JARDINERÍA DE EXTERIOR

Se describirán a continuación una serie de características que deberán cumplir los distintos elementos que conformarán el entorno urbano:

### 2.1 BANCOS

Cumpliendo con la norma de accesibilidad deberán tener el asiento situado a una altura de entre 40 y 45cm, disponiendo de un respaldo de altura mínima de 25cm. Además, se instalarán bancos de madera por su mayor integración con el entorno.

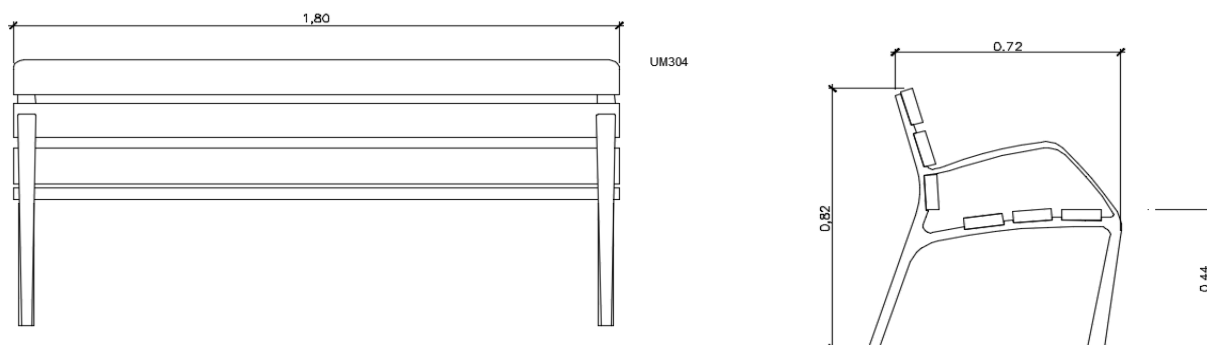


Figura 1. Dimensiones de los bancos del proyecto



Figura 2. Banco tipo del proyecto

## 2.2 PAPELERAS

Se colocarán papeleras de acero con 40 l de capacidad, de tal forma que la altura máxima de apertura se sitúe a una altura inferior a los 90cm.

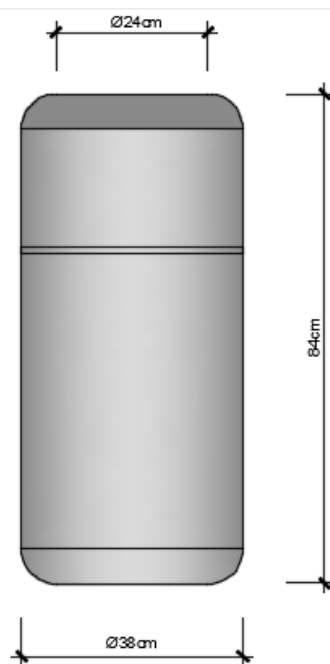


Figura 3. Papelera tipo del proyecto

## 2.3 BARANDILLAS

Se colocará una barandilla metálica sobre los muros de contención del terreno colindante, más concretamente sobre los muros 2, 3 y 4, para proteger a los usuarios frente al riesgo por caídas, ya que la cubierta se encuentra a una cota 2 metros inferior que los edificios e itinerarios adyacentes.

Las barandillas de protección tendrán una longitud entre apoyos de 2 metros con cerramiento entre ellos y, como mínimo, una altura de 0,90 m cuando la diferencia de cota que protegen no exceda de 6 m y de 1,10 m, como se puede apreciar en la siguiente figura.

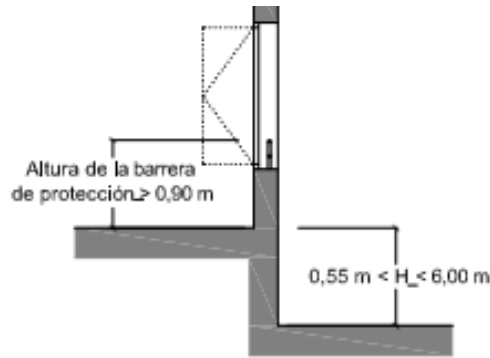


Figura 4. Barreras de protección. Fuente DB-SUA 1

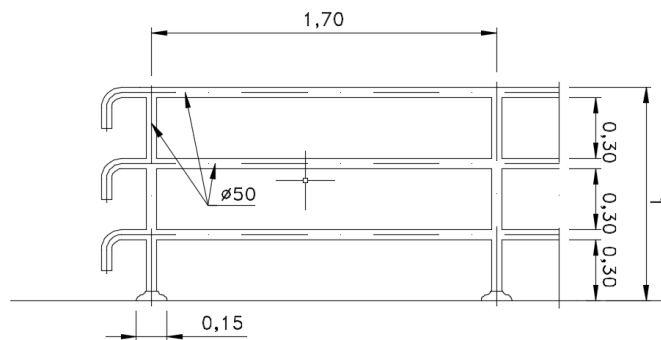


Figura 5. Dimensiones de la barandilla del proyecto



Figura 6. Barandilla tipo del proyecto

## 2.4 PUERTA CUARTO DE INSTALACIONES

Para facilitar el acceso al cuarto de instalaciones exterior dispuesto sobre la cubierta, se dispondrá una puerta de registro para instalaciones de acero galvanizado de una hoja, 900x1900 mm, acabado galvanizado con tratamiento antihuellas.



*Figura 7. Puerta de registro para instalciones tipo del proyecto*

## 2.5 ÁRBOLES AUTÓCTONOS

Los árboles incluidos en el proyecto serán abedules o urkiak (*betula pubescens*) en euskera, por ser árboles autóctonos mediante los que se pretende dotar a la cubierta de un carácter natural, además de proporcionar sombra en los meses de verano a los usuarios de la misma.

Esta especie es originaria de Europa y el Norte de África que en el País Vasco se halla presente en toda la vertiente cantábrica y en las montañas pirenaicas, colonizando pedreras, roturas del bosque y comunidades de sustitución de diversos tipos de bosque caducifolio. Especie pirófito y resistente al frío, muchas veces se comporta como invasora de praderías. La variedad *pubescens* está presente en puntos como el parque natural de Urkiola (al que da nombre) u Ordunte (Arcentales). Forma bosques (abedulares cantábricos, con presencia de otras especies como sauces), rodales o se presenta como ejemplares aislados. Se ha utilizado en repoblaciones.

A continuación se añade una ficha de las características del mismo.

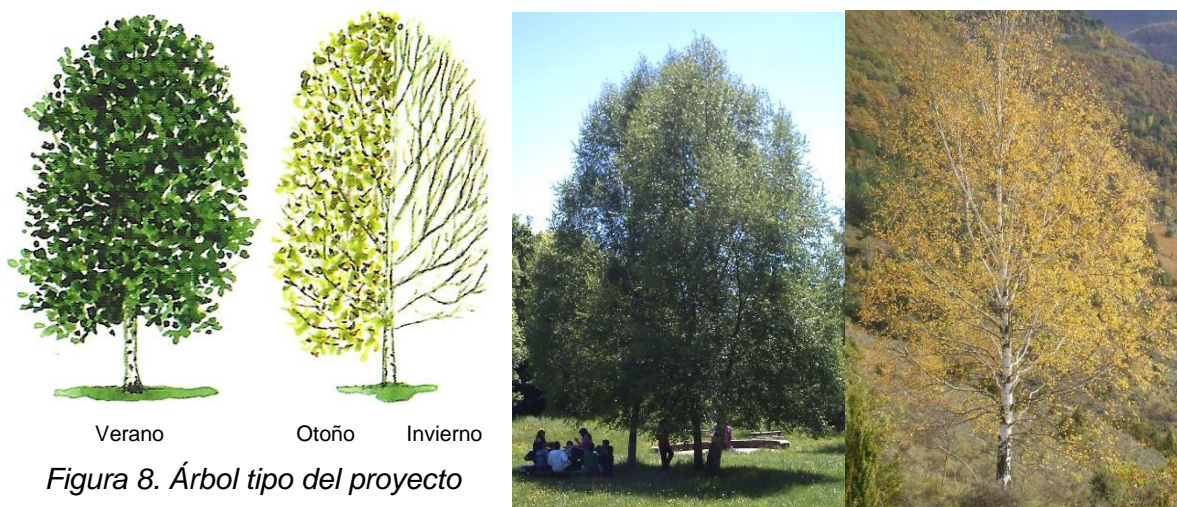


Figura 8. Árbol tipo del proyecto

Familia:	Betulaceae												
Especie:	<i>Betula pubescens</i>												
Follaje:	Caducifolio												
Altura:	Hasta 20 m												
Diámetro:	4-8 m												
Forma:	Copa baja, primero cónica-piramidal, luego irregularmente redondeada												
Velocidad de crecimiento:	Rápido al principio, lento más adelante												
Floración:	<table border="1" style="display: inline-table; text-align: center; width: 100%;"> <tr> <td>E</td><td>F</td><td>M</td><td>A</td><td>M</td><td>J</td><td>J</td><td>A</td><td>S</td><td>O</td><td>N</td><td>D</td> </tr> </table>	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
Exposición solar:	Sol o a media sombra												
Necesidades hídricas:	Prefiere los suelo húmedos y también la humedad ambiental												
Características de interés:	<p>Se trata de un árbol ligero a la vista, esbelto, deja pasar la luz.</p> <p>Es uno de los árboles caducos más característicos de Europa septentrional, noroccidental y central. Con su tronco y ramas blancos y sus ramitas a menudo colgantes, es un elemento muy típico tanto del paisaje como de medios urbanos.</p>												

## 2.1 FLORES

Sobre la tierra vegetal de la jardinera circular situada en el centro de la cubierta se plantarán varias flores de especie Heuchera Coral Bells. A continuación se adjunta la ficha de características:



*Figura 9. Flores tipo del proyecto*

Familia:	Saxifragacea
Especie:	Heuchera Coral Bells
Tipo:	Herbácea perennifolia
Altura:	60 cm
Diámetro:	30 cm
Floración:	Principios de verano

Heuchera es un género de plantas perennes, perennifolios y de floración estival, que forman grandes masa de hojas, a veces manchadas con tonos bronce o púrpura. Constituyen unos buenos ejemplares para ser utilizados como tapizantes del suelo. Prefieren una exposición a semisombra, sobre suelos capaces de retener la humedad aunque bien drenados.

## **2.2 CESPED POR SIEMBRA**

Se dispondrá de una superficie de 401,30 metros de mezcla de semillas de lodium, agrostis, festuca y poa.

La época más adecuada para la siembra de herbáceas se circunscribe a finales de marzo-mayo y octubre, meses que reúnen las condiciones climatológicas de precipitaciones medias superiores a 100 mm y temperatura media no inferior a 10° C.



### 3 MOBILIARIO DE INTERIOR

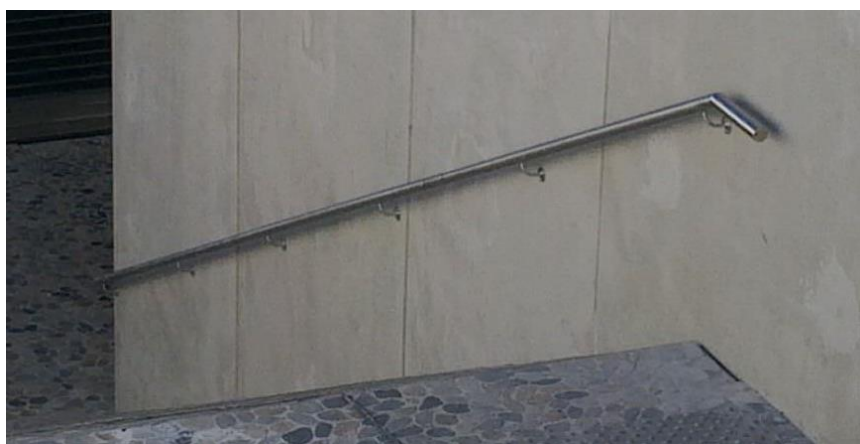
Se describirán a continuación una serie de características que deberán cumplir los distintos elementos que conformarán el mobiliario del aparcamiento subterráneo:

#### 3.1 PASAMANOS ESCALERA

Se colocará una barandilla o pasamanos metálico en el recorrido de las escaleras de salida al exterior del aparcamiento.

El pasamanos deberá estar situado a una altura comprendida entre 90 y 110 cm y no presentar ningún obstáculo a una altura inferior de 55 cm, para evitar que los usuarios tropiecen.

En el caso del proyecto, el pasamanos se instalará a una altura de 1,00 metro.



*Figura 10. Pasamanos metálico tipo del proyecto*

#### 3.2 ASCENSOR

El ascensor requerido para este edificio debe cumplir el Real Decreto 203/2016 “Requisitos de seguridad para ascensores”, además contará con unas dimensiones aptas para su uso por personas con movilidad reducida como indica el CTE SUA y elementos de seguridad contra incendios según el CTE DB-SI.

En este sentido, se puede tomar como referencia el ascensor de la casa Kone modelo Monospace 500, apto para edificios de pública concurrencia, eco eficiente, accesible y que no requiere de cuarto de máquinas.

Sus características principales son:

- Carga: 630 Kg
- Capacidad: 8 personas
- Velocidad: 1m/s
- Anchura de puertas (accesibles): 90 cm

Puertas apertura central

Carga (kg)	BB (mm)	DD (mm)	Personas	LL (mm)	KES 600		KES 800		WD min (mm)		Embocadura de cabina		Ancho de mocheta marco estrecho				
					VW min (mm)	VW min (mm)	VW nom (mm)	ES	ED	FL (mm)	FR (mm)	KES 600		KES 800		LR (mm)	
												FW (mm)	FW1 (mm)	FW (mm)	FW1 (mm)		
630	1100	1400	8	800	1740	1750	1750	1700	1810	145	155	395	395	400	400	950	
630	1100	1400	8	900	1940	1950	1950	1700	1810	50	150	445	445	450	450	1050	
630	1100	1400	8	1000	2140	2150	2150	1700	1810	50	50	495	495	500	500	1150	

Tabla 1. Dimensiones del modelo Monospace 500 de KONE. Fuente KONE

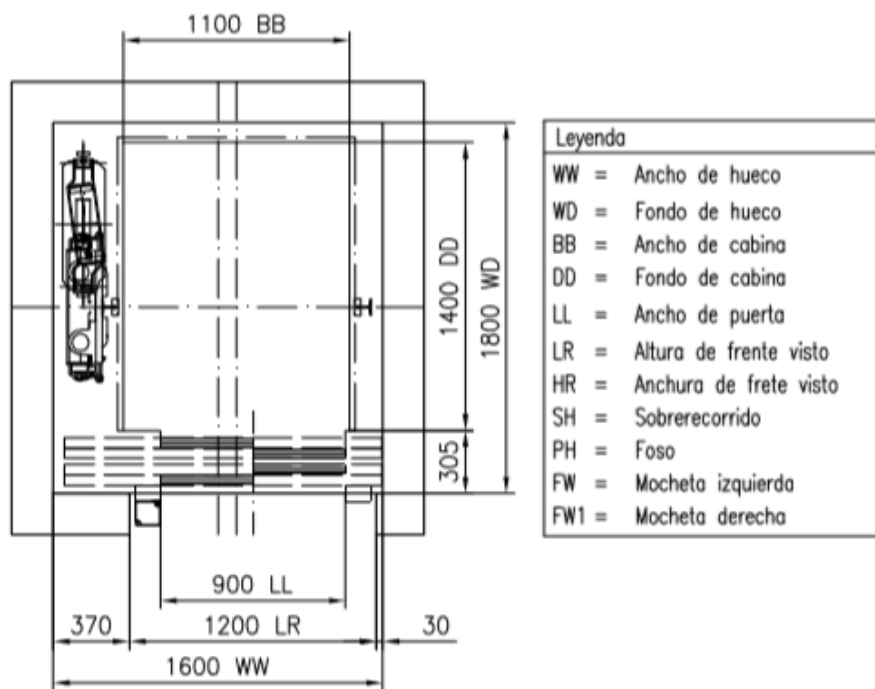


Figura 11. Dimensiones del modelo Monospace de KONE. Fuente KONE

### 3.3 PLATAFORMA ELEVADORA

Debido a la necesidad de facilitar el acceso rodado al aparcamiento y en base al Real Decreto 88/2013 “Aparatos de elevación y manutención de los mismos”, se plantea la implantación de una plataforma elevadora Enier, modelo MPHD 2800 kg de carga, con entrada por la calle Gordóniz.





Figura 12. Plataforma elevadora del proyecto. Fuente Enier



Figura 13. Plataforma elevadora del proyecto. Fuente: Enier

Esta presenta las siguientes características:

- Su diseño es de dos mástiles de sustentación de los cilindros y guiado de los carros tractores que soportan la plataforma.
- Esta solución permite manipular grandes cargas o volúmenes y grandes superficies de plataforma con 2 caras de acceso.

- Los carros tractores de la plataforma están guiados mediante rodillos cónicos, con doble rodamiento interno y ajustables mediante vástago roscado, asegurando un funcionamiento seguro y silencioso.
- Cilindros hidráulicos de vástago de acero rectificado y cromado duro, que incorporan válvula paracaídas para su bloqueo en caso de rotura de la conducción hidráulica
- Central hidráulica con un conjunto monobloc de mando que incorpora: motor eléctrico, bomba impulsora de aceite, filtro, electroválvula de descenso por gravedad, válvula de regulación de potencia, válvula antirretorno y de bajada manual con regulación graduable, sonda térmica de seguridad y manómetro indicador de presión. Bajo demanda, dos velocidades de elevación.
- Maniobra eléctrica a 48 V (baja tensión) con botoneras y paro de emergencia que anula la maniobra durante las operaciones de carga y descarga.
- Cuadro eléctrico de maniobra con aparellaje de 1ª calidad con autonivelación de parada y temporizador de seguridad para final de carrera.
- El piso de la plataforma es de chapa antideslizante
- Velocidad normalizada de suministro: 0,10 y 0,20 m/s.
- No precisa sala de máquinas.

En cuanto a las dimensiones, a continuación se adjunta un croquis de la plataforma.

<b>modelo MPHD - medidas normalizadas</b>											
Modelo s/carga en kg	Recorrido máximo estándar	Vel. 0,10	Vel. 0,20	COTAS GENERALES							
		Motor	Motor	I	F	L	H	G	B	E	C
MPHD-1800	7.900 mm	5,5 CV	10 CV	3.000	2.000	3.080	2.460	220	400	1.250	950
MPHD-2800	8.400 mm	7,5 CV	15 CV	5.000	2.500	5.080	3.040	260	500	1.500	1.150
MPHD-3800	9.800 mm	10 CV	20 CV	5.000	2.500	5.080	3.040	260	500	1.500	1.150
MPHD-5000	13.700 mm	15 CV	30 CV	5.000	2.500	5.080	3.060	270	550	1.650	1.300

*Tabla 2. Dimensiones de la plataforma elevadora y del hueco. Fuente: Enier*

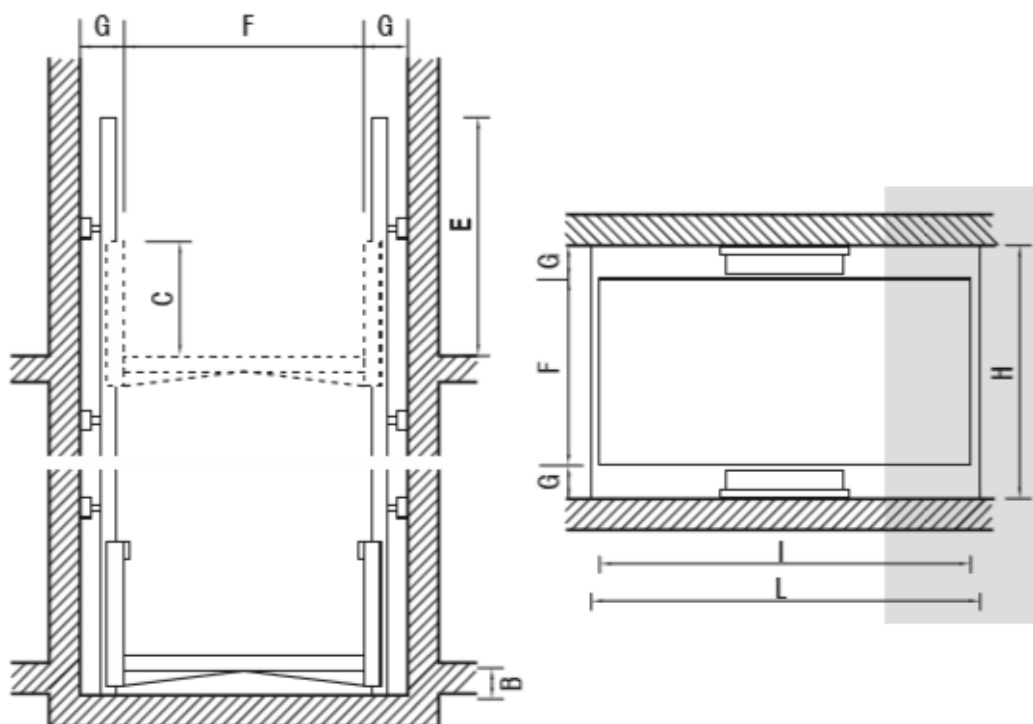


Figura 14. Croquis de la instalación de la plataforma. Fuente: Enier

### 3.4 PUERTAS

#### 3.4.1 PUERTAS CORTAFUEGOS

Se han proyectado tres puertas cortafuegos de acero galvanizado, en base a las normativas CTE DB-SI y DB-SUA, dos en la planta sótano, una de acceso desde el parking al vestíbulo de independencia, otra de acceso del vestíbulo de independencia al recinto independiente de las escaleras de salida o evacuación, y una tercera en la cubierta, de acceso de las escaleras al exterior.

Debido a que todas ellas forman parte de los recorridos de evacuación deberán ser abatibles con eje de giro vertical y su sistema de cierre, o bien no actuará mientras haya actividad en las zonas a evacuar, o bien consistirá en un dispositivo de fácil y rápida apertura desde el lado del cual provenga dicha evacuación, sin tener que utilizar una llave y sin tener que actuar sobre más de un mecanismo.

## ANEJO 14: MOBILIARIO URBANO Y JARINERÍA

Por lo tanto, en base a dicha normativa se plantea la instalación del modelo de puertas cortafuego, EI2 90-C5, según UNE-EN 1634-1, de una hoja de 63 mm de espesor, 900x2000 mm de luz y altura de paso, para un hueco de obra de 1000x2050 mm, acabado lacado en color blanco formada por 2 chapas de acero galvanizado de 0,8 mm de espesor.



*Figura 15. Puerta cortafuegos tipo del proyecto*

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 15- ACCESIBILIDAD Y UTILIZACIÓN***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	370
2	NORMATIVA DE APLICACIÓN .....	370
3	SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN.....	370
3.1	SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE CAÍDAS.....	370
3.1.1	DESNIVELES .....	370
3.1.2	ESCALERAS Y RAMPAS.....	371
3.2	SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE IMPACTO O DE ATRAPAMIENTO .....	373
3.2.1	IMPACTO .....	373
3.2.1	ATRAPAMIENTO .....	374
3.3	SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE APRISIONAMIENTO EN RECINTOS ....	375
3.4	SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR VEHÍCULOS EN MOVIMIENTO.....	375
3.4.1	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS .....	375
3.4.2	SEÑALIZACIÓN .....	375
4	ACCESIBILIDAD .....	376
4.1	CONDICIONES TÉCNICAS SOBRE ACCESIBILIDAD EN EL ENTORNO URBANO 376	
4.1.1	ITINERARIOS PEATONALES.....	376
4.1.2	PAVIMENTOS .....	376
4.1.3	VADOS DE VEHÍCULOS .....	376
4.1.4	PASOS DE PEATONES.....	377
4.1.5	MOBILIARIO URBANO .....	377
4.2	CONDICIONES TÉCNICAS SOBRE ACCESIBILIDAD EN LOS EDIFICIOS.....	377
4.2.1	ACCESOS AL INTERIOR DEL EDIFICIO .....	377
4.2.2	VESTÍBULOS .....	379
4.2.3	COMUNICACIONES INTERIORES .....	379
4.2.4	INFORMACIÓN Y SEÑALIZACIÓN .....	381
4.2.5	APARCAMIENTOS.....	381
4.3	ACCESIBILIDAD EN LA COMUNICACIÓN.....	381

4.3.1 SEÑALIZACIÓN VISUAL.....	382
4.3.2 SEÑALIZACIÓN TÁCTIL .....	382
4.3.3 CONDICIONES BÁSICAS DE ILUMINACIÓN .....	383
4.4 CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE ACCESIBILIDAD.....	383

## 1 INTRODUCCIÓN

Mediante este anejo se pretende definir los criterios a seguir en materia de seguridad y accesibilidad, permitiendo que cualquier usuario pueda hacer uso de las instalaciones de forma segura, prestando especial atención a las personas con movilidad reducida.

## 2 NORMATIVA DE APLICACIÓN

Para garantizar la correcta seguridad de uso y accesibilidad en el entorno del País Vasco, será preciso seguir una serie de normas, tanto de ámbito estatal como autonómico, generalmente más restrictivas. Las normas son las siguientes:

- CTE DB - Seguridad de Utilización Accesibilidad
- Ordenanza Municipal de Edificación del Gobierno Vasco
- Orden VIV/561/2010, de 1 de Febrero (BOE 11/03/2010)
- Real Decreto 173/2010, de 19 de Febrero (BOE 11/03/2010)
- Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo (BOE 28/03/2006)
- Ley 20/1997, de 4 de Diciembre (BOPV 24/12/1997)
- Decreto 68/2000, de 11 de Abril (BOPV 12/06/2000)

Estas normas son en muchos casos redundantes y es difícil definir cuál es la más restrictiva para cada caso. Por ello, en Julio de 2012 se elaboró la “Guía de Aplicación de la Normativa Técnica Vigente en Materia de Accesibilidad en la Comunidad Autónoma del País Vasco”, de forma que sea más fácil y rápido definir los conceptos en materia de accesibilidad que se deben aplicar para cada caso.

## 3 SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN

### 3.1 SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE CAÍDAS

#### 3.1.1 DESNIVELES

- **Protección de los desniveles**



Para disminuir el riesgo de caída, se dispondrán barreras de protección en los desniveles, huecos y aberturas, tanto horizontales como verticales con diferencia de cota mayor que 55 cm.

Se facilitará la percepción de las diferencias de nivel que no excedan de 55 cm mediante diferenciación visual y táctil.

- **Características de las barreras de protección**

Serán, como mínimo, de 1,10 m cuando la diferencia de cota que protegen exceda de 6 m.

Tendrán una resistencia y una rigidez suficiente para resistir la fuerza horizontal establecida en el apartado 3.2.1 del Documento Básico SE-AE.

No serán fácilmente escaladas por los niños. Para lo cual, no existirán puntos de apoyo entre 30 cm y 50 cm sobre el nivel del suelo o sobre la línea de inclinación de una escalera.

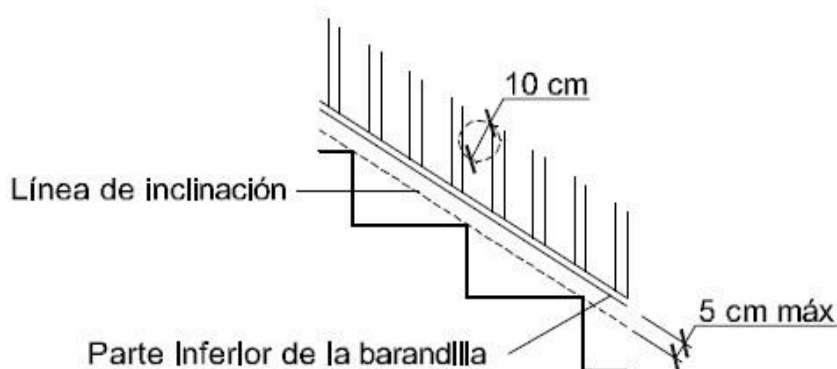


Figura 1. Límites respecto la línea de inclinación de la escalera (CTE DB-SUA)

### 3.1.2 ESCALERAS Y RAMPAS

- **Peldaños**

No se admite bocel.

En tramos rectos de escaleras, las medidas y proporciones a tomar son los siguientes:

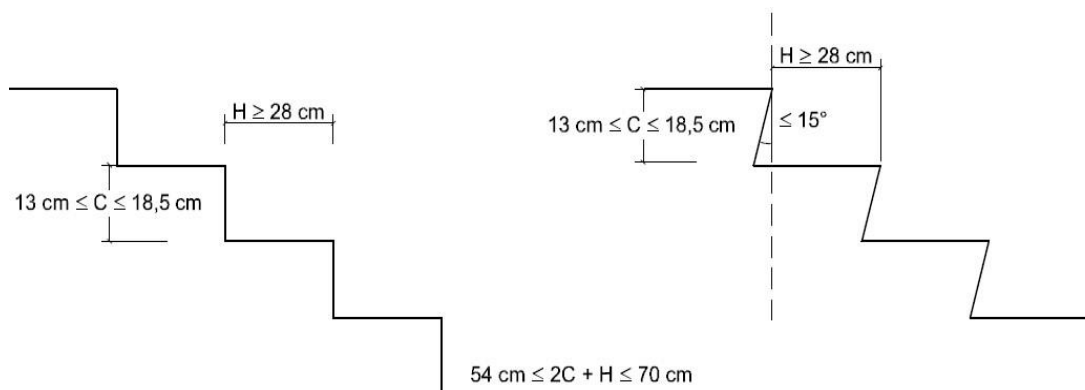


Figura 2. Configuración de los peldaños (CTE DB-SUA)

• **Tramos**

Cada tramo tendrá 3 peldaños como mínimo.

La máxima altura que puede salvar un tramo es 3,20 m en caso de que haya ascensor.

Todos los peldaños tendrán la misma contrahuella y todos los peldaños de los tramos rectos tendrán la misma huella.

La anchura de la escalera estará libre de obstáculos.

Los pasamanos no sobresaldrán más de 12 cm de la pared o barrera de protección.

La anchura útil del tramo se determinará de acuerdo con las exigencias del apartado 4 de la Sección SI 3 del DB-SI y será, como mínimo:

Uso del edificio o zona	Anchura útil mínima (m) en escaleras previstas para un número de personas:			
	≤ 25	≤ 50	≤ 100	> 100
Residencial Vivienda, incluso escalera de comunicación con aparcamiento	1,00 <sup>(1)</sup>			
Docente con escolarización infantil o de enseñanza primaria Pública concurrencia y Comercial	0,80 <sup>(2)</sup>	0,90 <sup>(2)</sup>	1,00	1,10
Sanitario Zonas destinadas a pacientes internos o externos con recorridos que obligan a giros de 90° o mayores	1,40			
Otras zonas	1,20			
Casos restantes	0,80 <sup>(2)</sup>	0,90 <sup>(2)</sup>	1,00	

<sup>(1)</sup> En edificios existentes, cuando se trate de instalar un ascensor que permita mejorar las condiciones de accesibilidad para personas con discapacidad, se puede admitir una anchura menor siempre que se acredite la no viabilidad técnica y económica de otras alternativas que no supongan dicha reducción de anchura y se aporten las medidas complementarias de mejora de la seguridad que en cada caso se estimen necesarias.

<sup>(2)</sup> Excepto cuando la escalera comunique con una zona accesible, cuyo ancho será de 1,00 m como mínimo.

Tabla 1. Anchura mínima según uso (CTE DB-SUA)

- **Mesetas**

Se dispondrá una franja de pavimento visual y táctil en el arranque de los tramos.

Cuando exista un cambio de dirección entre dos tramos, la anchura de la escalera no se reducirá a lo largo de la meseta y estará libre de obstáculos

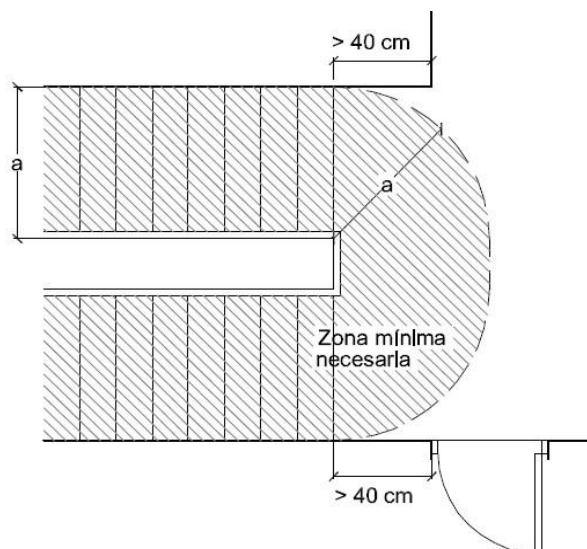


Figura 3. Medidas meseta (CTE DB-SUA)

- **Pasamanos**

Se dispondrá de pasamanos al menos en un lado.

Cuando su anchura libre exceda de 1,20 m, dispondrán de pasamanos en ambos lados.

Se prolongará 30 cm en los extremos en al menos en un lado estará a una altura comprendida entre 90 y 110 cm.

Estará separado del paramento al menos 4 cm

Su sistema de sujeción no interferirá el paso continuo de la mano.

### 3.2 SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE IMPACTO O DE ATRAPAMIENTO

#### 3.2.1 IMPACTO

- **Impacto con elementos fijos**

La altura libre de paso será mayor a 2,20m.

Se limitará el riesgo de impacto con elementos volados cuya altura sea menor que 2m disponiendo elementos fijos.

- **Impacto con elementos practicables**

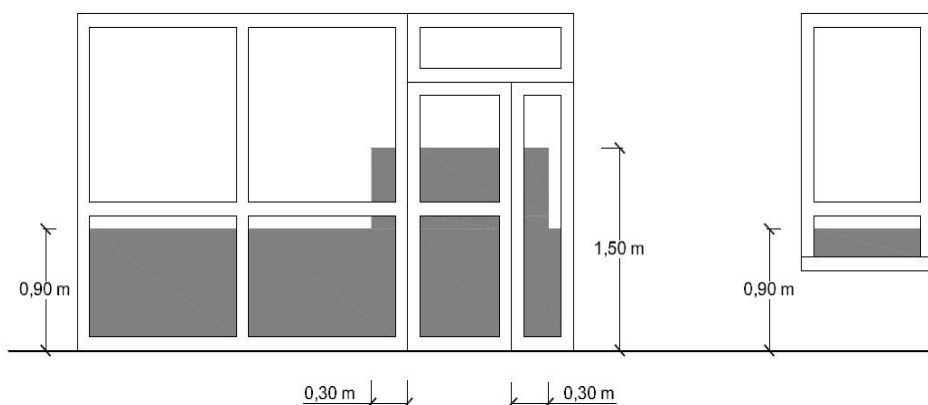
Las puertas de vaivén situadas entre zonas de circulación tendrán partes transparentes o translúcidas que permitan percibir la aproximación de las personas.

Los portones y barreras situados en zonas accesibles a las personas y utilizadas para el paso de vehículos tendrán marcado CE de conformidad con la norma UNE-EN 13241-1:2004 y su instalación, uso y mantenimiento se realizarán conforme a la norma UNE-EN 12635:2002+A1:2009.

Las puertas peatonales automáticas tendrán marcado CE de conformidad con la Directiva 98/37/CE sobre máquinas.

- **Impacto con elementos frágiles**

Las áreas con riesgo de impacto son las siguientes:



*Figura 4. Medidas áreas de posible impacto (CTE DB-SUA)*

- **Impacto con elementos insuficientemente perceptibles**

Superficies acristaladas confundibles con puertas tendrán en toda su longitud señalización visualmente contrastada.

Puertas de vidrio que no dispongan de elementos que permitan identificarlas dispondrán de señalización.

### 3.2.1 ATRAPAMIENTO

Para limitar el riesgo de atrapamiento producido por una puerta corredera de accionamiento manual, la distancia a hasta el objeto fijo más próximo será como mínimo de 20 cm.

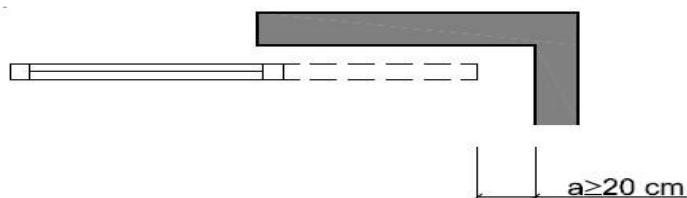


Figura 5. Medida contra atrapamiento (CTE DB-SUA)

### 3.3 SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO DE APRISIONAMIENTO EN RECINTOS

Existirá un sistema de desbloqueo para puertas bloqueables internamente.

La fuerza de apertura de las puertas de salida será de como máximo de 140N

En itinerarios accesibles como máximo 25N en general, y 65N cuando sean resistentes al fuego.

### 3.4 SEGURIDAD FRENTE AL RIESGO CAUSADO POR VEHÍCULOS EN MOVIMIENTO

#### 3.4.1 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Se dispondrá de un espacio de acceso y espera para vehículos en su incorporación al exterior, de 4,5 m como mínimo

- **Protección de recorridos peatonales**

Frente a las puertas que comunican los aparcamientos con otras zonas, dichos itinerarios se protegerán mediante la disposición de barreras situadas a una distancia de las puertas de 1,20 m, como mínimo, y con una altura de 80 cm, como mínimo.

#### 3.4.2 SEÑALIZACIÓN

Debe señalizarse el sentido de la circulación y las salidas, la velocidad máxima de circulación de 20 km/h, las zonas de tránsito y paso de peatones, y zonas de carga o descarga mediante marcas viales o pinturas en el pavimento.

Se dispondrán dispositivos que alerten al conductor de la presencia de peatones en las proximidades de los accesos al aparcamiento.

## 4 ACCESIBILIDAD

### 4.1 CONDICIONES TÉCNICAS SOBRE ACCESIBILIDAD EN EL ENTORNO URBANO

Este apartado tiene por objeto regular las condiciones técnicas de accesibilidad referidas al entorno urbano.

#### 4.1.1 ITINERARIOS PEATONALES

Se deben cumplir las siguientes condiciones:

- La anchura mínima de paso libre de obstáculos será de 2,00m.
- La altura libre de paso será de al menos 2,20m.
- La pendiente longitudinal será menor o igual al 6%.
- La pendiente transversal será como máximo del 2%.

#### 4.1.2 PAVIMENTOS

- Los pavimentos duros de los itinerarios peatonales serán antideslizantes en seco y mojado y sin resaltos entre piezas.
- Para señalar desniveles, depresiones y cambios de cota, se colocarán Franjas Señaladoras que serán mayor o igual a 1m de anchura en todos los frentes de acceso y llegada.
- Cuando se utilicen pavimentos diferentes, se tomará un pavimento como predominante que abarque la mayor parte del itinerario, y se dejará el resto del pavimento en el eje del itinerario como guía para personas con visión reducida.

#### 4.1.3 VADOS DE VEHÍCULOS

Se construirán de forma que:

- Los itinerarios peatonales que atraviesen no tengan pendientes superiores a las ya mencionadas.
- Cuando por la distancia entre el vado y el aparcamiento no pueda diseñarse de la forma indicada, se realizará de manera que quede un ancho de acera mínimo de 1,50m con las pendientes anteriormente citadas.

- En el caso de que la acera sea de 1,50m no pudiendo realizarse el vado, se resolverá rebajando el bordillo.

### 4.1.4 PASOS DE PEATONES

Se considerarán los siguientes puntos:

- Su señalización será mediante una franja colocada a eje de peatones.
- Se recomienda señalar el paso tanto en vertical como en horizontal.
- Cuando exista desnivel entre la acera y la calzada se formalizará mediante pendientes longitudinales y transversales nunca superiores al 8% y el 1,5% respectivamente.

### 4.1.5 MOBILIARIO URBANO

De forma general, se deben considerar los siguientes puntos en la instalación de mobiliario urbano:

- Cualquier elemento, eventual o permanente, se dispondrá de forma que no interfiera la accesibilidad.
- Todos los elementos de uso público que se instalen se diseñarán y ubicarán de forma que puedan ser utilizados por personas con dificultad a la accesibilidad.
- El mobiliario urbano se colocará alineado en el sentido longitudinal del itinerario peatonal.
- No se situarán invadiendo el vado y el paso de peatones, ni en los cruces de calle en toda la superficie común a la intersección.
- Todo elemento transparente dispondrá, al menos, de dos bandas señalizadoras horizontales de una anchura de 2cm colocadas a una altura de 1,50m y 0,90m.

## 4.2 CONDICIONES TÉCNICAS SOBRE ACCESIBILIDAD EN LOS EDIFICIOS

Este apartado tiene como finalidad regular las condiciones técnicas de accesibilidad en edificios, ya sean de titularidad pública o privada, como es el caso de estudio.

### 4.2.1 ACCESOS AL INTERIOR DEL EDIFICIO

En su diseño se considerará:

- Los accesos a los edificios deberán garantizar la accesibilidad, ejecutándose al mismo nivel que el pavimento exterior.
- En caso de conjunto de edificios, los itinerarios peatonales cumplirán lo establecido en el entorno urbano.
- Para una mejor localización de los accesos al edificio, se destacará del resto de la fachada con un contraste cromático o con buena iluminación.
- En la entrada principal del edificio, se colocará a una altura de entre 1,50 y 1,60m un cartel informador sobre el edificio.
- En caso de edificios públicos se informará además del uso del mismo.
- Los sistemas de comunicación, llamada o apertura, se situará, junto a la puerta, en la parte izquierda, y a una altura de entre 0,90 y 1,20m.
- Las superficies acristaladas cumplirán lo establecido para las puertas acristaladas.

En el caso de puertas de acceso exteriores:

- A ambos lados de la puerta existirá un espacio libre, que permita inscribir un círculo de 1,50m de diámetro.
- El ángulo de apertura no será inferior a 90°.
- La anchura mínima del hueco de paso será de 90cm, ampliándose a 120cm en el caso de puertas automáticas.
- Cuando se utilicen 2 hojas, la que habitualmente se abrirá dejará un paso libre de 90cm.
- Las puertas de las salidas de emergencia dispondrán de aperturas de doble barra, a una altura de 90cm la superior y de 20cm la inferior.
- Su tiempo programado de apertura de puertas automáticas será suficiente para permitir el paso de personas de movilidad reducida, y en ningún caso superará una velocidad de 0,50m/s. Además, dispondrá de mecanismos suficientes para impedir su apertura cuando haya alguna persona u objeto en su umbral.
- Las puertas acristaladas se ejecutarán en vidrio de seguridad, con un zócalo protector de 40cm de altura y dos bandas horizontales de 20cm de grosor situadas a una altura de 1,50m y 0,90m.
- Los tiradores y picaportes diseñarán para poder ser utilizados por personas de movilidad reducida, preferiblemente con formas suaves y redondeadas, a una altura de entre 90 y 120cm y separados como mínimo a 4cm del plano de la puerta.



### 4.2.2 VESTÍBULOS

Se tendrán en cuenta las siguientes características:

- Se diseñarán con formas regulares y de dimensiones tales que pueda como mínimo inscribirse un círculo libre de obstáculos de 1,50m.
- Se procurará que la iluminación sea permanente, sin sombras y con una intensidad suficiente.
- Se diseñarán teniendo en cuenta un buen contraste cromático entre suelos y paredes.
- Los pavimentos serán duros, planos y antideslizantes en seco y mojado.
- Los interruptores serán fácilmente localizables y a una altura de entre 90 y 120cm.
- Se dispondrá de planos en el vestíbulo, con las características del edificio.

### 4.2.3 COMUNICACIONES INTERIORES

- Se recomienda que las esquinas y bordes no presentes aristas vivas.
  - Los itinerarios principales dentro del edificio quedarán libres de obstáculos en un prisma de sección de 2,20m de altura y 1,50m de ancho, excepto puertas.
  - En edificios de grandes superficies con recorridos peatonales superiores a los 100m se dispondrá de sillas de ruedas u otros elementos similares, con una proporción de 1 por cada 100 personas de ocupación máxima previsible.
- **Comunicaciones horizontales:**
    - Se evitarán los desniveles y tendrán dimensiones que permitan el desplazamiento y maniobra de todo tipo de personas.
    - Las condiciones de las puertas interiores serán similares a las consideradas para las exteriores, admitiéndose diámetros de giro de 1,20m.
    - Todos los mecanismos de cierre de ventanas se situarán a una altura de entre 80 y 110cm, sin ningún tipo de obstáculo.

- **Comunicaciones verticales:**

En general se cumplirá que:

La accesibilidad en la comunicación vertical se realizará mediante elementos constructivos o mecánicos, utilizables por personas con movilidad reducida de forma autónoma.

En el caso de las escaleras:

- No se podrán construir peldaños aislados.
- La altura libre de paso mínima bajo escaleras será de 2,20m.
- Estarán dotadas de contrahuella y carecerán de bocel.
- Están prohibidos los solapes de escalones.
- El intradós del tramo más bajo de la escalera se ha de cerrar hasta una altura mínima de 2,20m.
- Todas las escaleras estarán dotadas de pasamanos. Con escaleras de anchura superior a 2,40m se dispondrán pasamanos intermedios.
- Se dispondrá de señalización táctil en los accesos a las escaleras.
- Estarán correctamente iluminadas.

En lo referente a pasamanos:

- La fijación será firme, con una separación mínima de 4cm respecto a cualquier otro elemento.
- Se recomienda un diseño circular de 5cm de diámetro.
- Se prolongarán 45cm en los extremos de rampas o escaleras.
- Se rematarán de forma que se eviten los enganches.

En el caso de los ascensores:

- Deberá cumplir la normativa del Real Decreto 1314/1997 que transpone la directiva 95/17/Ce y las normas europeas de la serie EN-81.
- La plataforma de acceso a la cabina tendrá unas dimensiones tales que se pueda inscribir una circunferencia libre de obstáculos de 1,8m de diámetro.
- Se recomienda señalar la zona de acceso con al menos 100 lux, y la colocación de una franja de color contrastado de una superficie de 1,50x1,50m.
- Se colocará junto a la plataforma, preferiblemente al lado derecho de embarque y a una altura de 1,50m un indicador del piso con altorrelieve y sistema Braille.
- Los pulsadores de llamada estarán colocados a una altura de entre 0,90 y 1,20m.
- Las dimensiones interiores de la cabina, excluido el espacio necesario para la apertura de puertas son 1,40m de profundidad mínima y 1,1m de anchura mínima.
- La diferencia de nivel entre los pavimentos de la cabina y la plataforma de acceso no será superior a 20mm, y la separación entre ambos será inferior a 35mm.

- El pavimento será duro, liso y antideslizante en mojado y en seco.
- Los pulsadores, colocados a una altura entre 0,90 y 1,20m estarán enmarcados en altorrelieve y sistema Braille.
- Las puertas de los rellanos y cabina serán automáticas y de desplazamiento horizontal debiendo estar dotadas de un sistema de detección para evitar su cierre en caso de que su umbral esté ocupado por una persona u objeto.
- La anchura libre de paso una vez abiertas las puertas será de 90cm como mínimo.

### 4.2.4 INFORMACIÓN Y SEÑALIZACIÓN

Estos dispositivos deberán satisfacer las siguientes condiciones:

- Los indicadores de información y señalización deberán ubicarse de forma que puedan ser leídos por una persona sentada y, en su caso, por personas con problemas de visión.
- Se situarán de forma que no interfieran los itinerarios peatonales.
- Serán fácilmente localizables y con un nivel de luminosidad adecuada.

### 4.2.5 APARCAMIENTOS

Serán de aplicación las siguientes reglas:

- En las zonas de estacionamiento de vehículos ligeros se reservará una plaza por cada cuarenta para personas de movilidad reducida, como mínimo.
- Estas plazas se reservarán cerca de los accesos a los edificios o de los itinerarios peatonales.
- La señalización horizontal será antideslizante.
- Se garantizará la incorporación del usuario de silla de ruedas de la plaza reservada al itinerario peatonal o cualquier otro acceso.
- Las dimensiones mínimas de las plazas reservadas serán de 4,80m de largo y 3,20m de ancho.

## 4.3 ACCESIBILIDAD EN LA COMUNICACIÓN

Se recogen aquí las condiciones técnicas de accesibilidad que han de cumplir los diferentes sistemas de comunicación. Dentro de este apartado adquieren especial importancia los sistemas de señalización

### 4.3.1 SEÑALIZACIÓN VISUAL

Son todos aquellos sistemas que tienen como función señalar una información de utilidad. Se engloban en esta definición todo tipo de rótulos, pictogramas, planos y demás elementos que sirven para comunicar información mediante la rotulación. Las características principales son:

- La información contenida será accesible mediante caracteres marcados en altorrelieve y en sistema Braille.
- Dicho altorrelieve tendrá una altura mínima de 1mm y máxima de 1,5mm.
- Estarán iluminados uniformemente.



Figura 6. Cartel tipo (anexo decreto 68-2000)

### 4.3.2 SEÑALIZACIÓN TÁCTIL

Se colocarán en grandes espacios y zonas de acceso a áreas de estancia como jardines o plazas.

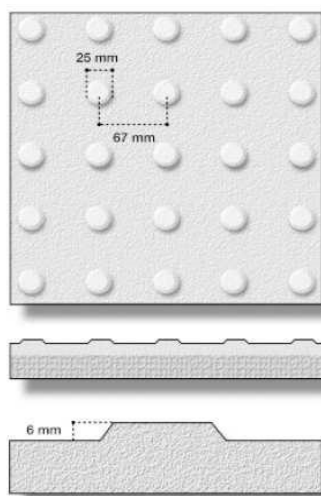
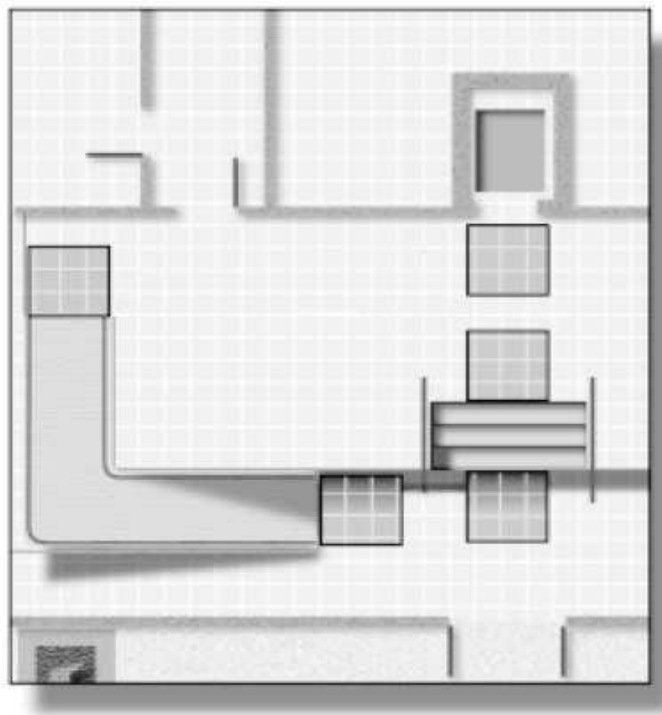


Figura 7. Baldosa en relieve (anexo decreto 68-2000)

Se utilizarán para señalar depresiones y cambios de cota, cumpliendo una doble función de información y aviso. Dichas franjas consisten en franjas de anchura mayor o igual a 1m y se colocarán perpendicularmente al sentido de la marcha del itinerario peatonal.



*Figura 8. Colocación de franjas en relieve (anexo decreto 68-2000)*

### 4.3.3 CONDICIONES BÁSICAS DE ILUMINACIÓN

Las recomendaciones básicas son:

- La iluminancia mínima será de 500 lux medidos a partir de 1m del suelo.
- Los porcentajes de reflectancia de superficie son:
  - En techos: 80%
  - En paredes: 50%
  - En suelos: 30%

### 4.4 CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA DE ACCESIBILIDAD

## ANEJO 15: ACCESIBILIDAD Y UTILIZACIÓN

En todo momento, en el diseño de este proyecto se han seguido las recomendaciones y obligaciones de accesibilidad aplicables a este tipo de construcciones en el País Vasco, tanto en la zona de aparcamiento como en la zona exterior de la cubierta, garantizando que las dimensiones y espacios destinados a favorecer el desplazamiento de personas con movilidad reducida o cualquier otra discapacidad puedan hacer uso de las instalaciones sin perjuicio de su situación o condición y en condiciones de seguridad.

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 16- PLAN DE OBRA***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	385
2	DURACIÓN DE LOS TRABAJOS .....	386
3	PLAN DE OBRA.....	388

CRONOGRAMA



## 1 INTRODUCCIÓN

El plan de obra pretende dar una referencia sobre la duración de los trabajos a ejecutar en la obra para poder estimar el plazo de construcción total y poder controlar el avance de la ésta una vez esté en desarrollo. Para ello se definirán una serie de actividades representativas del proyecto, a las cuales se dotará de una duración en días para poder representarlos en un diagrama de Gantt donde se podrán apreciar los plazos de cada actividad de forma gráfica.

Mencionar que, los tiempos estimados para cada actividad se han definido en función de otros proyectos similares y a juicio del proyectista, de modo que estos valores deben ser tomados como referencia y no como plazos absolutos de ejecución, ya que la duración de cada actividad puede variar en la realidad, aunque esta variación se estima de poca importancia.

## 2 DURACIÓN DE LOS TRABAJOS

Las actividades principales se han dividido en 9 grupos según el orden de ejecución:

<b>1</b>	<b>ACTUACIONES PREVIAS</b>	<b>15 días</b>
1.1	Demoliciones	7 días
1.2	Acondicionamiento del Terreno	5 días
1.3	Gestión de Suelos contaminados	15 días
<b>2</b>	<b>CIMENTACIÓN</b>	<b>57 días</b>
2.1	Muros Pantalla	30 días
2.2	Excavación	15 días
2.3	Losa de Cimentación	12 días
<b>3</b>	<b>ESTRUCTURA</b>	<b>50 días</b>
3.1	Estructura Principal	40 días
3.2	Estructura Secundaria	10 días
<b>4</b>	<b>INSTALACIONES</b>	<b>15 días</b>
4.2	Evacuación de Aguas	4 días
4.1	Ventilación	12 días
4.3	Iluminación Interior y Electricidad	15 días
4.4	Protección Contra Incendios	10 días
4.6	Vigilancia y Comunicaciones	5 días
4.7	Transporte	12 días
<b>5</b>	<b>ALBAÑILERÍA</b>	<b>12 días</b>
5.1	Acabados	12 días
5.2	Carpintería	5 días
<b>6</b>	<b>URBANIZACIÓN</b>	<b>14 días</b>
6.1	Pavimentos	9 días
6.2	Iluminación Exterior	5 días
6.3	Jardinería	4 días
6.4	Mobiliario	5 días
<b>7</b>	<b>GESTIÓN DE RESIDUOS</b>	Todo el proyecto
<b>8</b>	<b>CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS</b>	Todo el proyecto
<b>9</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>	Todo el proyecto

Tabla 1. Duración de los trabajos

Algunas de las actividades descritas anteriormente podrán llevarse a cabo simultáneamente. Además, algunas de ellas serán independientes del resto, pero otras necesitarán la finalización de ciertas actividades para poder llevarse a cabo. En la siguiente tabla se definen las actividades precedentes a cada caso, si las hubiere:

<b>1</b>	<b>ACTUACIONES PREVIAS</b>	<b>Tarea Previa</b>
1.1	Demoliciones	
1.2	Acondicionamiento del Terreno	-
1.3	Gestión de Suelos contaminados	1.1
<b>2</b>	<b>CIMENTACIÓN</b>	-
2.1	Muros Pantalla	1
2.2	Excavación	2.1
2.3	Losa de Cimentación	2.2
<b>3</b>	<b>ESTRUCTURA</b>	
3.1	Estructura Principal	2
3.2	Estructura Secundaria	3.1
<b>4</b>	<b>INSTALACIONES</b>	
4.2	Evacuación de Aguas	3
4.1	Ventilación	3
4.3	Iluminación Interior y Electricidad	3
4.4	Protección Contra Incendios	3
4.6	Vigilancia y Comunicaciones	3
4.7	Transporte	3
<b>5</b>	<b>ALBAÑILERÍA</b>	
5.1	Acabados	4
5.2	Carpintería	4
<b>6</b>	<b>URBANIZACIÓN</b>	
6.1	Pavimentos	5
6.2	Iluminación Exterior	6.1
6.3	Jardinería	6.1
6.4	Mobiliario	6.1
<b>7</b>	<b>GESTIÓN DE RESIDUOS</b>	Todo el Proyecto
<b>8</b>	<b>CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS</b>	Todo el Proyecto
<b>9</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>	Todo el Proyecto

Tabla 2. Actividades previas

### 3 PLAN DE OBRA

Como se puede apreciar en el diagrama de Gantt adjunto en el presente anejo, el tiempo estimado para la ejecución del proyecto “Aparcamiento Subterráneo y Plaza Recreativa en el barrio de Rekalde (Bilbao-Bizkaia), entre la estrada Caleros y la calle Gordóniz” es de **163 días laborales** aproximadamente.

Por lo tanto, el proyecto de referencia saldrá a licitación pública con un plazo de ejecución de **7 meses y 16 días**. En el cronograma adjunto se ha indicado que la ejecución se llevará a cabo entre el 01 de Agosto de 2019 y el 16 de Marzo de 2020, siendo una fecha orientativa y no vinculante.

## APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO Y PLAZA RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE (BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA ESTRADA CALEROS Y LA CALLE GORDÓNIZ

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Gantt Chart																														
					29 jul '19	12 ago '19	26 ago '19	09 sep '19	23 sep '19	07 oct '19	21 oct '19	04 nov '19	18 nov '19	02 dic '19	16 dic '19	30 dic '19	13 ene '20	27 ene '20	10 feb '20	24 feb '20	09 mar '20														
1	<b>1 ACTUACIONES PREVIAS</b>	15 días	jue 01/08/19	mié 21/08/19	[Barra azul horizontal]																														
2	1.1 Demoliciones	7 días	jue 01/08/19	vie 09/08/19	[Barra azul horizontal]																														
3	1.2 Acondicionamiento del Terreno	5 días	lun 12/08/19	vie 16/08/19	[Barra azul horizontal]																														
4	1.3 Gestión de Suelos Contaminados	15 días	jue 01/08/19	mié 21/08/19	[Barra azul horizontal]																														
5	<b>2 CIMENTACIÓN</b>	57 días	jue 22/08/19	vie 08/11/19	[Barra naranja horizontal]																														
6	2.1 Muros Pantalla	30 días	jue 22/08/19	mié 02/10/19	[Barra naranja horizontal]																														
7	2.2 Vaciado de la Explanada	15 días	jue 03/10/19	mié 23/10/19	[Barra naranja horizontal]																														
8	2.3 Losa de Cimentación	12 días	jue 24/10/19	vie 08/11/19	[Barra naranja horizontal]																														
9	<b>3 ESTRUCTURA</b>	50 días	lun 11/11/19	vie 17/01/20	[Barra verde horizontal]																														
10	3.1 Estructura Principal	40 días	lun 11/11/19	vie 03/01/20	[Barra verde horizontal]																														
11	3.2 Estructura Secundaria	10 días	lun 06/01/20	vie 17/01/20	[Barra verde horizontal]																														
12	<b>4 INSTALACIONES</b>	15 días	lun 20/01/20	vie 07/02/20	[Barra roja horizontal]																														
13	4.1 Evacuación de Aguas	4 días	lun 20/01/20	jue 23/01/20	[Barra roja horizontal]																														
14	4.2 Ventilación	12 días	lun 20/01/20	mar 04/02/20	[Barra roja horizontal]																														
15	4.3 Iluminación Interior y Electricidad	15 días	lun 20/01/20	vie 07/02/20	[Barra roja horizontal]																														
16	4.4 Protección Contra Incendios	10 días	lun 20/01/20	vie 31/01/20	[Barra roja horizontal]																														
17	4.5 Vigilancia y Comunicaciones	5 días	lun 20/01/20	vie 24/01/20	[Barra roja horizontal]																														
18	4.6 Transporte	12 días	lun 20/01/20	mar 04/02/20	[Barra roja horizontal]																														
19	<b>5 ALBAÑILERÍA</b>	12 días	lun 10/02/20	mar 25/02/20	[Barra azul horizontal]																														
20	5.1 Acabados	12 días	lun 10/02/20	mar 25/02/20	[Barra azul horizontal]																														
21	5.2 Carpintería	5 días	lun 10/02/20	vie 14/02/20	[Barra azul horizontal]																														
22	<b>6 URBANIZACIÓN</b>	14 días	mié 26/02/20	lun 16/03/20	[Barra morada horizontal]																														
23	6.1 Pavimentos	9 días	mié 26/02/20	lun 09/03/20	[Barra morada horizontal]																														
24	6.2 Iluminación Exterior	5 días	mar 10/03/20	lun 16/03/20	[Barra morada horizontal]																														
25	6.3 Jardinería	4 días	mar 10/03/20	vie 13/03/20	[Barra morada horizontal]																														
26	6.4 Mobiliario	5 días	mar 10/03/20	lun 16/03/20	[Barra morada horizontal]																														
27	<b>7 GESTIÓN DE RESIDUOS</b>	163 días	jue 01/08/19	lun 16/03/20	[Barra azul horizontal]																														
28	<b>8 CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS</b>	163 días	jue 01/08/19	lun 16/03/20	[Barra azul horizontal]																														
29	<b>9 SEGURIDAD Y SALUD</b>	163 días	jue 01/08/19	lun 16/03/20	[Barra azul horizontal]																														

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 17- PLAN DE CONTROL DE CALIDAD***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	389
2	SISTEMAS DE GARANTIA DE CALIDAD .....	389
2.1	CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES .....	389
2.2	CONTROL DE CALIDAD DE LA EJECUCIÓN .....	389
2.3	NIVEL DE CONTROL DE CALIDAD.....	390
2.4	INSPECCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD POR PARTE DE LA DIRECCIÓN DE OBRA.....	390
3	DEFINICIÓN DE ENSAYOS Y CONTROLES A REALIZAR.....	390
3.1	CONTROL DE REPLANTEO DE LAS OBRAS.....	391
3.2	MOVIMIENTO DE TIERRAS .....	391
3.2.1	EXCAVACIONES .....	391
3.2.2	CONTROL DE LA EXTENSIÓN .....	392
3.2.3	CONTROL DE LA COMPACTACIÓN .....	392
3.2.4	CONTROL GEOMÉTRICO.....	394
3.2.5	CONTROL DE ASIENTOS .....	394
3.3	CONTROL DE LOS MATERIALES QUE CONSTITUYEN EL HORMIGÓN .....	395
3.3.1	AGUA.....	395
3.3.2	ÁRIDOS .....	396
3.3.3	CEMENTOS .....	398
3.3.4	ADITIVOS .....	399
3.3.5	HORMIGÓN.....	400
3.3.6	ENCOFRADOS .....	403
3.4	ACEROS .....	403
3.4.1	ACERO PARA ARMAR .....	403
3.5	PAVIMENTOS.....	405
3.5.1	SOLADOS DE HORMIGÓN .....	405
3.5.2	BORDILLOS DE HORMIGÓN .....	406
3.6	IMPERMEABILIZACIÓN .....	406
3.7	CONTROL DE INSTALACIONES .....	407
3.7.1	INSTALACIÓN DE ABASTECIMIENTO .....	407
3.7.2	INSTALACIÓN DE PLUVIALES .....	407

3.7.3	INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS Y EMERGENCIAS	407
3.7.4	INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN Y DETECCIÓN DE CO .....	408
3.7.5	ENERGÍA ELÉCTRICA, VIGILANCIA Y COMUNICACIONES .....	408
3.8	PINTURAS Y REVESTIMIENTOS .....	408
3.8.1	PREPARACIÓN DE LAS SUPERFICIES.....	409
3.8.2	PREVIA A LA APLICACIÓN DE LA PINTURA.....	409
3.8.3	TRAS LA APLICACIÓN DE LAS CAPAS DE PINTURA .....	409
3.8.4	INSPECCIÓN FINAL .....	409
3.9	SEÑALIZACIÓN .....	409
3.10	ENSAYOS IMPREVISTOS.....	410
4	CONDICIONES PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS.....	410
4.1	SUMINISTRO, IDENTIFICACIÓN Y RECEPCIÓN.....	410
4.2	TOMA DE MUESTRAS .....	411
4.3	CASO DE MATERIALES CON CERTIFICADO DE CALIDAD.....	411
4.4	IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS .....	412
4.5	REALIZACIÓN DE ENSAYOS .....	412
4.6	CONTRAENSAYOS.....	413
4.7	DECISIONES DERIVADAS DEL PROCESO DE CONTROL.....	413
5	ACTAS DE RESULTADOS E INFORMES MENSUALES Y FINAL .....	413
5.1	ACTAS DE RESULTADOS .....	413
5.2	INFORMES MENSUALES .....	414
5.3	INFORME FINAL.....	414
6	PRESUPUESTO .....	415



## 1 INTRODUCCIÓN

En el presente Anejo se tiene por objeto definir el conjunto de acciones necesarias que conforman un Plan de Control de Calidad, para proveer de la confianza adecuada a todas las estructuras, componentes e instalaciones que se construyen.

El Control de Calidad de la Obra comprenderá los aspectos siguientes:

- Calidad de materias primas.
- Calidad de equipos o materiales suministrados a obra, incluyendo su proceso de fabricación.
- Calidad de ejecución de las obras (construcción y montaje).
- Calidad de la obra terminada (inspección y pruebas).

Por lo tanto, el presente Plan de Control de Calidad establecerá los ensayos a realizar con el objeto de garantizar una correcta ejecución y terminación de las obras.

Los ensayos originarán una emisión de las correspondientes actas de resultados por un laboratorio autorizado. Dichos resultados se remitirán tanto a la empresa constructora como a la Dirección Facultativa.

## 2 SISTEMAS DE GARANTIA DE CALIDAD

### 2.1 CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES

Todos los materiales a utilizar en la obra deberán estar homologados por Organismos autorizados y deberán cumplir todas las características especificadas para ellos en los Pliegos de Condiciones correspondientes.

El Control de los diferentes materiales se realizará en general comprobando la existencia de un Sello de Calidad y comprobando que éstos cumplen las exigencias determinadas en los Pliegos de Condiciones.

### 2.2 CONTROL DE CALIDAD DE LA EJECUCIÓN

En general se realizará el control de la ejecución de los trabajos basándose en el cumplimiento de lo especificado expresamente en los Pliegos de Condiciones correspondientes y a las normas de la buena construcción.

### **2.3 NIVEL DE CONTROL DE CALIDAD**

Se entiende que el número fijado de ensayos es el mínimo y que en el caso de indicarse varios criterios para determinar su frecuencia, se tomará aquél que exija una frecuencia mayor.

El Director de Obra podrá modificar la frecuencia y tipo de dichos ensayos con objeto de conseguir el adecuado control de calidad de los trabajos, o recabar del Contratista la realización de controles de calidad no previstos en el proyecto.

Los ensayos adicionales ocasionados, serán por cuenta del Contratista siempre que su importe no supere el 2% del presupuesto líquido de ejecución total de la obra, incluso las ampliaciones, si las hubiere.

### **2.4 INSPECCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD POR PARTE DE LA DIRECCIÓN DE OBRA**

La Dirección de Obra, por su cuenta, podrá mantener un equipo de inspección de Control de Calidad de las obras y realizar ensayos de homologación y contradictorios.

La Dirección de Obra, para la realización de dichas tareas, con programas y procedimientos propios, tendrá acceso en cualquier momento a todos los tajos de la obra, fuentes de suministro, fábricas y proceso de producción, laboratorios y archivos de Control de Calidad del Contratista o Subcontratista del mismo.

El Contratista suministrará, a su costa, todos los materiales que hayan de ser ensayados, y dará facilidades necesarias para ello.

El coste de la ejecución de estos ensayos contradictorios será por cuenta de la Propiedad si como consecuencia de los mismos el suministro, material o unidad de obra cumplir las exigencias de calidad.

## **3 DEFINICIÓN DE ENSAYOS Y CONTROLES A REALIZAR**

Atendiendo a los tajos que se llevarán a cabo en la obra, recogidos todos ellos en el Documento 5. Presupuesto, se realizarán ensayos para controlar las unidades de obra correspondientes.

- Control de replanteo de las obras.
- Movimiento de tierras.

- Hormigones.
- Aceros.
- Pavimentos.
- Impermeabilización.
- Control de Instalaciones.
- Pinturas y revestimientos.
- Señalización.
- Ensayos imprevistos.

### 3.1 CONTROL DE REPLANTEO DE LAS OBRAS

El control de replanteo de las obras se realizará antes de la firma del Acta de Replanteo. Durante dicho control se deberán comprobar como mínimo los siguientes puntos de carácter general:

- Disponibilidad de los terrenos de la zona, prestando especial interés a límites y franjas exteriores de terrenos afectados.
- Comprobación de las conexiones con la vialidad existente (posibles cambios de rasante en la conexión).
- Comprobación en planta de las dimensiones.
- Comprobación de las rasantes.
- Comprobación de la posible existencia de servicios afectados que puedan comprometer la ejecución de las obras y que no se hayan tenido en cuenta en la realización del proyecto.
- Comprobación de los puntos de desagüe del sistema de drenaje.
- Señalización de elementos existentes a conservar.

### 3.2 MOVIMIENTO DE TIERRAS

#### 3.2.1 EXCAVACIONES

Tanto para la excavación del cajón como para la excavación en zanja, se llevará a cabo el control geométrico, cuidando que quede saneado el fondo de la misma.

Comprobar la retirada de la montera de tierra vegetal antes del comienzo de la explotación y una capa de gravilla.

Comprobar la explotación racional del frente y en su caso, la exclusión de las vetas no utilizables.

Además, se tomarán muestras representativas, de acuerdo con el criterio del Director de las Obras.

Se deberá llevar a cabo por cada 5.000 m<sup>3</sup> de material:

- 1 Próctor normal.
- 1 Determinación granulométrica.
- 1 Determinación de límites de Atterberg.

En el propio tajo o lugar de empleo, se deberán de examinar los montones procedentes de la descarga de camiones, desechando de entrada aquellos que a simple vista presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o bolos de mayor tamaño que el admitido como máximo y señalando aquellos otros que presenten alguna anomalía en cuanto al aspecto que debe tener el material que llega a obra de las procedencias aprobadas, tales como distinta coloración, exceso de plasticidad, etc.

Tomar muestras de los montones señalados como sospechosos para repetir los ensayos efectuados en el lugar de procedencia. Los resultados de los ensayos de los materiales en su lugar de procedencia o de empleo (en caso de que sea necesario repetirlos), serán siempre valores que cumplirán las limitaciones establecidas en los Pliegos de Prescripciones Técnicas del Proyecto.

### **3.2.2 CONTROL DE LA EXTENSIÓN**

Comprobar “grosso modo” el espesor y anchura de las tongadas.

Los resultados de las mediciones “grosso modo” se interpretarán subjetivamente y, con tolerancia amplia, y deberán ajustarse a lo indicado en los Planos y Pliegos de Prescripciones Técnicas del Proyecto.

### **3.2.3 CONTROL DE LA COMPACTACIÓN**

Dentro del tajo a controlar se define:

Lote: Material que entra en 5.000m<sup>2</sup> de tongada, exceptuando las franjas de borde de 2,00m de ancho.

Si la fracción diaria es superior a 5.000m<sup>2</sup> y menor del doble se formarán dos Lotes aproximadamente iguales.

Muestra: Conjunto de 5 unidades, tomadas en forma aleatoria de la superficie definida como Lote. En cada una de estas unidades se realizarán ensayos de:

- Humedad.
- Densidad.

Franjas de borde: en cada una de las bandas laterales de 2,00m de ancho, adyacentes al Lote anteriormente definido, se fijará un punto cada 100m lineales. El conjunto de estos puntos se considerará una Muestra independiente de la anterior, y en cada uno de los mismos se realizarán ensayos de:

- Humedad
- Densidad

Complementaria o alternativamente al sistema de control anteriormente expuesto podrá establecerse, si así lo estima el Director como más eficaz, por las características especiales de una determinada obra, el sistema de control del procedimiento de ejecución, para ello se fijará previamente al comienzo de la ejecución el espesor de la tongada, el número de pasadas y el equipo a emplear, vigilando posteriormente, mediante inspecciones periódicas, su cumplimiento.

Las densidades secas obtenidas en la capa compactada deberán ser iguales o mayores que las especificadas en cada uno de los puntos ensayados. No obstante, dentro de una Muestra se admitirán resultados individuales de hasta un dos por ciento (2%) menores, que los exigidos, siempre que la media aritmética del conjunto de la Muestra resulte igual o mayor que el valor fijado en el Pliego.

El contenido de humedad de las capas compactadas no será causa de rechazo.

En el caso de que haya adoptado el control de procedimiento las comprobaciones de espesor, número de pasadas e identificación del equipo de compactación deberán ser todas favorables.

La humedad óptima obtenida en los ensayos de compactación se considerará como dato orientativo, debiendo corregirse en obra de acuerdo con la energía de compactación del equipo de apisonado utilizado y a la vista de los resultados obtenidos en cada caso particular.

En las determinaciones de densidades y humedades “in situ” podrán utilizarse métodos tales como los aparatos con isótopos radiactivos, picnómetros de aire, botella con carburo de calcio, etc., siempre que, por medio de ensayos previos, se haya logrado establecer una correspondencia razonable, a juicio del Director de las Obras, entre estos métodos y los especificados en los Pliegos de Prescripciones Técnicas.

Vigilar si durante la compactación se producen blandones, en cuyo caso deberán ser corregidos antes de proceder a efectuar los ensayos de control.

### **3.2.4 CONTROL GEOMÉTRICO**

Se comprobarán las cotas de replanteo, colocando estacas niveladas hasta milímetros.

Desde los puntos de replanteo se comprobará si aparecen desigualdades de anchura, de rasante o de pendiente transversal y se aplicará la regla de 3m donde se sospechen variaciones superiores a las tolerables.

Se aceptarán las secciones que cumplan las condiciones geométricas exigidas en los Pliegos de Prescripciones Técnicas.

Las irregularidades que excedan de las tolerancias admitidas deberán ser corregidas por el Contratista, mediante excavación o añadido de material, y escarificado previo de la superficie subyacente.

Una vez compactada la zona objeto de reparación, deberán repetirse en ella los ensayos de densidad, así como la comprobación geométrica.

Es conveniente también, realizar una comprobación geométrica “grosso modo” de la superficie que sirve de apoyo a la coronación del terraplén.

### **3.2.5 CONTROL DE ASIENTOS**

Para el control de asientos habrá que tener en cuenta la capa de terreno de cimentación.

En caso de capa rígida, solo se controlará el asiento propiamente dicho que podrá considerarse estable y por lo tanto apto, cuando las medidas de los asientos tomados en un intervalo igual o mayor de dos semanas difieran en menos de 1mm, medidos sobre clavos de asiento colocados en coronación de cimentación, los cuales permiten medir mediante topografía de precisión los movimientos producidos según tres ejes ortogonales trirectangulares.

Si la capa de terreno de cimentación fuera compresible y estuviera influenciada por el nivel freático, la Dirección de Obra, en el caso de que el Proyecto no lo haya previsto, y a la vista de la naturaleza de la misma estudiarán el método más adecuado (de consolidación del terreno) para disipar las tensiones intersticiales generadas por el agua. En este caso ha de vigilarse la estabilidad, limitándose la velocidad de su crecimiento y la evolución de los asientos por lo que se realizará:

- Control de presiones efectivas.
- Control de crecimiento del terraplén independientemente del método de consolidación, en caso de que existiera.
- Control de asientos.

### **3.3 CONTROL DE LOS MATERIALES QUE CONSTITUYEN EL HORMIGÓN**

Previo al suministro de hormigón a la obra se realizarán los siguientes ensayos, a fin de garantizar que los materiales empleados en la fabricación del hormigón, cumplen la Instrucción EHE-08.

#### **3.3.1 AGUA**

Si su procedencia corresponde a la red de agua potable se considera válida, sin necesidad de ningún tipo de control.

Se exigirá a la central de hormigonado que indique la procedencia del agua empleada en la elaboración del hormigón suministrado.

En caso de procedencia desconocida las aguas empleadas deberán satisfacer los límites siguientes:

<b>Contenido de sustancias disueltas</b>	< 15.000 mg/l
<b>Contenido de iones cloro (cloruro)</b>	< 3.000 mg/l
<b>Contenido de sulfatos (SO<sub>4</sub>)</b>	< 1.000 mg/l
<b>Contenido de sustancias orgánicas solubles en éter (aceites y grasa)</b>	< 15.000 mg/l
<b>Hidratos de carbono</b>	NO
<b>Exponente de hidrógeno (pH)</b>	5 < pH < 8

*Tabla 1. Límites de sustancias contenidas en el agua para hormigonado*

Cuando no se posean antecedentes de su utilización y/o en caso de duda, se realizarán los ensayos de idoneidad contemplados en la EHE, comprendiendo:

<b>Contenido de sulfatos</b>	S/UNE 7131
<b>Contenido de cloruros</b>	S/UNE 7178
<b>Sustancias disueltas</b>	S/UNE 7130
<b>Aceites y grasas</b>	S/UNE 7235
<b>Hidratos de carbono</b>	S/UNE 7132
<b>Determinación del pH</b>	S/UNE 7234

*Tabla 2. Ensayos para sustancias en el agua de hormigonado.*

La toma de muestras destinada al análisis químico se realizará según UNE 7.236. Los criterios de aceptación y rechazo están reflejados en la EHE – 08.

Cuando los resultados obtenidos en los ensayos previos estén peligrosamente próximos a los límites prescritos y siempre que la Dirección de Obra lo estime oportuno, se repetirán los análisis.

La toma de muestras destinada al análisis químico se realizará según UNE 7.236. Los criterios de aceptación y rechazo están reflejados en la EHE – 08.

Cuando los resultados obtenidos en los ensayos previos estén peligrosamente próximos a los límites prescritos y siempre que la Dirección de Obra lo estime oportuno, se repetirán los análisis.

### 3.3.2 ÁRIDOS

Tipo: Áridos calizos procedentes de roca de machaqueo.



El tamaño máximo de los áridos será de 25/40mm en las cimentaciones, pilares y muros y será de 12mm en la capa de compresión de los forjados.

Se pondrá especial cuidado en mantener las mismas características en los áridos suministrados, vigilando las variaciones del frente de cantera y los cambios de humedad, para evitar dispersiones en la resistencia del hormigón.

Los áridos a utilizar deberán ajustarse en todo momento a lo dictado por el artículo 28º de la EHE - 08.

Se exigirá a la central de hormigón preparado certificado de ensayos de cada tipo y tamaño de árido, tanto al inicio de la obra como con la periodicidad que la Dirección Facultativa considere oportuno.

En el caso de hormigones sin distintivo reconocido o CC-EHE, o para hormigones procedentes de centrales sin Sello o Marca de Calidad, antes de comenzar la obra, si varían las condiciones de suministro o se van a emplear para otras aplicaciones distintas a las ya sancionadas por la práctica y siempre que lo indique el Director de Obra, se realizarán los ensayos de identificación mencionados en 28.1. y los correspondientes a las condiciones físico-químicas, físico-mecánicas y granulométricas, especificados en 28.3.1, 28.3.2 y 28.3.3 de la EHE - 08.

El Contratista facilitará a la Dirección de Obra el acceso al lugar de fabricación y procedencia de los áridos para realizar las comprobaciones oportunas.

Los criterios de aceptación o rechazo están señalados en la EHE - 08 Art. 81.3.3.

Los ensayos justificativos de todas las condiciones especificadas se realizarán:

- Antes de comenzar la obra si no se tienen antecedentes de los mismos.
- Al variar las condiciones de suministro.

Por otra parte, y con la periodicidad mínima siguiente, se realizarán los siguientes ensayos.

a) Por cada quinientos metros cúbicos o fracción o una vez cada quince (15) días:

- Un ensayo granulométrico.
- Un ensayo de contenido de material que pasa por el tamiz 0,080 UNE.

b) Una vez cada dos meses:

- Un ensayo de contenido de materia orgánica.

a) Una vez cada seis meses:

- Un ensayo de contenido de partículas blandas únicamente en el árido grueso.
- Un ensayo de contenido de terrones de arcilla.
- Un ensayo de contenido de materiales <0,063 y P.e. <2.
- Un ensayo de compuestos de azufre.
- Un ensayo de resistencia al ataque de los sulfatos.
- Un ensayo de reactividad de los álcalis.
- Un ensayo de determinación de la forma de las partículas únicamente para el árido grueso.
- Un ensayo de resistencia al desgaste Los Ángeles.
- Un ensayo de estabilidad de las escorias siderúrgicas cuando éstas se emplean como árido fino.

### 3.3.3 CEMENTOS

Tipo: El cemento a utilizar en la ejecución de las obras será el tipo CEM II/A.

La central de hormigón comprobará que el cemento que vaya a utilizar en la elaboración del hormigón que llegue a obra llega acompañado del “Documento de Identificación” (albarán y hoja de características). En el caso de que no disponga del mismo, deberán realizarse los ensayos de recepción y control establecidos en la EHE - 08. La toma de muestras se efectuará según UNE 80.401.

El Contratista deberá facilitar a la Dirección Facultativa una copia del Documento de Identificación del cemento utilizado en la central de hormigón para la fabricación del hormigón suministrado en obra.

Tanto los ensayos Previos como los Característicos son preceptivos salvo experiencia previa de la central de hormigonado, avalada por documentos que lo justifiquen y que deberán ser presentados a la Dirección Facultativa.

En el caso de hormigones sin distintivo reconocido o CC-EHE, o para hormigones procedentes de centrales sin Sello o Marca de Calidad, antes de comenzar la obra, el Contratista informará a la Dirección de Obra el fabricante que suministrará el cemento y el nombre comercial de éste, adjuntando la garantía del fabricante de que el producto cumple las condiciones requeridas de acuerdo con el vigente Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la recepción de cementos.

No se variará durante la ejecución de la obra, el suministrador, ni el tipo de cemento sin autorización de la Dirección de Obra.

La dosificación a utilizar en la obra quedará determinada en los Ensayos Previos y en las condiciones dictadas por el artículo 86º de la Norma EHE - 08.

Si fuera necesario variar las características de algún componente del hormigón, en algún momento de la obra, sería condición indispensable la nueva ejecución de Ensayos Previos.

Se comprobará a la recepción del producto que llega acompañado del “Documento de Identificación” (Albarán y hoja de características).

Se realizarán los ensayos de recepción y control según EHE - 08, en el caso de que el material no posea dicho documento. La toma de muestras se efectuará según UNE 80.401.

Se llevaran a cabo los siguientes ensayos:

- a) Mensualmente se enviarán a la Dirección facultativa los documentos de identificación del cemento, de acuerdo con el vigente Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la recepción de cementos.
- b) Cada quinientas (500) toneladas o cantidad mayor si la Dirección de Obra lo estimara oportuno, los siguientes ensayos:
  - Un ensayo de finura de molido.
  - Un ensayo de peso específico real.
  - Una determinación de principio y fin de fraguado.
  - Un ensayo de expansión.
  - Un ensayo de resistencia mecánica de los cementos.
  - Un ensayo del índice de puzonalidad en caso de utilizar cementos puzolánicos.

#### **3.3.4 ADITIVOS**

Antes de emplear cualquier aditivo se comprobará su comportamiento mediante ensayos de laboratorio, utilizando la misma marca y tipo de conglomerante, y los áridos procedentes de la misma cantera o yacimiento natural que hayan de utilizarse en la ejecución de los hormigones de obra. Se harán series idénticas con y sin aditivo.

Estos resultados serán entregados a la Dirección de Obra para su aceptación.

### 3.3.5 HORMIGÓN

En todos los elementos estructurales se empleará un hormigón con características mínimas de HA-35/B/20/IIa.

Como ya se ha indicado la consistencia será Plástica o Blanda para compactar con vibradores de aguja con frecuencia inferior a 6.000 ciclos / minuto, excepto en el caso de que el hormigón deba ser bombeado admitiéndose entonces una consistencia Blanda o fluida que se conseguirá mediante superfluidificantes.

El hormigón será en todos los casos suministrado por una central de hormigón en posesión de Sello o Marca de Calidad, que estará homologada e inscrita en el Registro Industrial, según Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria y el real Decreto 697/1995, de 28 de abril, estando dicha inscripción a disposición de la Dirección Facultativa (en el eventual caso de que ésta considerará oportuno consultarla). Dicha central deberá cumplir todos los requisitos de la Normativa vigente y Organismos correspondientes.

El Contratista deberá presentar a la Dirección Facultativa los documentos que justifiquen y avalen la posesión del Sello o Marca de Calidad.

El Contratista comprobará que cada amasada de hormigón suministrada esté acompañada por una hoja de suministro debidamente cumplimentada según el apartado 69.2.9.1 de la EHE - 08 y firmada por una persona física. El Contratista archivará dichas hojas de suministro (estando siempre a disposición de la Dirección Facultativa) hasta la entrega de la documentación final de control.

En el caso de que el suministro por una central de hormigón en posesión de Sello o Marca de Calidad fuera imposible, serán preceptivos tanto los ensayos Previos como los Característicos del hormigón, así como de cada uno de sus componentes, todo ello de acuerdo con lo establecido en la EHE - 08.

El fabricante justificará por experiencias anteriores que con estos materiales, la dosificación y el proceso de ejecución previstos conseguirá un hormigón con las condiciones exigidas; sin embargo podrán ejecutarse a juicio de la Dirección Facultativa los ensayos característicos sobre probetas procedentes de seis masas diferentes de hormigón, enmoldando tres probetas por masas, las cuales se ejecutarán, conservarán y romperán s/ EHE - 08.

La fabricación del hormigón, así como el transporte, deberá ajustarse al artículo 69º de la EHE - 08.

Con el fin de asegurar el suministro de hormigón a la obra, la planta dispondrá de materiales acopiados en cantidad suficiente como para producir hormigón al máximo de producción durante 10 horas.

La planta dispondrá para su manejo, personal especializado en este trabajo y mantendrá las mismas personas con el fin de asegurar un hormigón homogéneo. La planta dispondrá de los medios necesarios para determinar la cantidad de agua en los áridos y poder corregir la cantidad de agua de amasado. El transporte al punto de vertido se realizará con cubas giratorias de aspas fijas.

Caso de que en un momento determinado se vea la necesidad o conveniencia del empleo de un cierto tipo de aditivo, éste necesitará la aprobación de la Dirección de Obra, para lo cual el Contratista propondrá el suministrador y el tipo de producto, adjuntando la especificación técnica del mismo. También se realizarán ensayos previos para poder apreciar lo que afecta a la resistencia del hormigón.

El Contratista entregará para su aprobación a la Dirección Facultativa, el tipo y marca de los morteros especiales y adhesivos, en el caso de que fuera necesaria su utilización, así como las características técnicas de los mismos. Entregará asimismo resultados de ensayos de composición y análisis de aditivos.

Los ensayos de control del hormigón se realizarán de acuerdo con las prescripciones correspondientes a un control estadístico, dividiendo la obra en lotes según cuadro 88.4.a de la EHE - 08.

Por cada lote se realizarán dos amasadas de seis probetas cada una, para romper dos probetas a 7 días y tres probetas a 28 días, dejando una de reserva.

La Dirección Facultativa podrá variar el número de amasadas por cada lote, el número de probetas por amasada, así como el número de días tras los cuáles se deben romper dichas probetas.

La toma de muestras, conservación y rotura se hará de acuerdo a lo dictaminado por las normas UNE 83.300, 83.301 y 83.304.

La puesta en obra del hormigón se hará siguiendo las indicaciones del artículo 70º de la EHE - 08.

Queda totalmente prohibida la adición de agua en obra, en las cubas de transporte, al hormigón elaborado procedente de la planta de hormigonado.

Se tendrá especial cuidado para el vertido continuo y si es necesario se colocarán conducciones adecuadas de forma que en ningún caso se produzca la disgregación de la mezcla.

En general se garantizará para las armaduras un recubrimiento mínimo de 5cm en hormigones en contacto con el terreno y de 3,5cm en el resto de los casos.

La compactación del hormigón se realizará por vibrado, utilizando personal cualificado y evitando en lo posible el contacto del vibrador con las armaduras.

Para el curado del hormigón se procederá de acuerdo con lo indicado en el artículo 74º de la EHE.

Como norma general, el plazo de desencofrado de cualquier elemento estructural no será inferior a 72 horas (excepto en el caso de los forjados), salvo que la Dirección Facultativa autorice un plazo menor o exija uno mayor.

### a) Ensayos Previos.

Por cada tipo de hormigón se realizarán los ensayos previos indicados en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, consistentes en la fabricación de, al menos, cuatro series de amasadas, tomando tres probetas de cada serie.

En el caso en el que el Constructor pueda justificar, por experiencias anteriores, que con los materiales, dosificación y proceso de ejecución previstos es posible conseguir un hormigón que posea las condiciones requeridas por la Dirección Facultativa y, en particular, la resistencia exigida, se podrá prescindir de los citados ensayos previos.

### b) Ensayos Característicos.

Para cada uno de los tipos de hormigón utilizado en las obras se realizarán, seis semanas antes del comienzo del hormigonado, los ensayos característicos especificados por la Instrucción EHE, artículo 87º, consistente en realizar tres probetas de seis masas diferentes,

fabricadas y conservadas conforme a lo indicado en las Normas UNE-83.301, 83.303 y 83.304.

c) Ensayos de Control de resistencia del Hormigón;

Se realizará según el artículo 84, “Control de la resistencia del Hormigón”, de la Instrucción de Hormigón Estructural.

Cada toma de resistencia constará de seis probetas para romper dos a siete días y tres a veintiocho días.

El hecho de tomar seis probetas se debe a fin de poder guardar alguna para edades posteriores (45 ó 60 días) en el caso de detectarse bajas de resistencia a la edad de 28 días.

Cada toma de resistencia, comprende el siguiente conjunto de operaciones:

- Desplazamiento del equipo de laboratorio a obra.
- Toma de muestras de hormigón fresco.
- Determinación de la consistencia, mediante el Cono de Abrams.
- Enmoldado de una serie de seis probetas de diámetro 15x30 cm.
- Recogida de la serie de seis probetas al día siguiente de su fabricación para su transporte a la cámara húmeda del laboratorio.

Curado, refrentado y rotura a compresión de la serie (2 a 7 días y 3 a 28 días).

### **3.3.6 ENCOFRADOS**

En el caso particular del encofrado, y previamente a las operaciones de hormigonado, se procederá a la comprobación de la idoneidad y compatibilidad con las características del hormigón así como de las velocidades y sistemas de hormigonado, sobrecargas de obra, presiones. De igual manera se procederá a suprimir cuantos elementos deformados, desviados e insuficientemente limpias para su empleo como encofrado.

## **3.4 ACEROS**

### **3.4.1 ACERO PARA ARMAR**

Para el armado del hormigón se emplearán barras corrugadas, de diferentes diámetros, B 500 S y con características según UNE 36.068.

Todo el acero suministrado para el armado del hormigón en esta obra deberá estar certificado. El dimensionado y disposición de las armaduras se realizará tal como se establece en los planos del proyecto y siguiendo las indicaciones de la Norma EHE, artículo 66, en lo que a elaboración de ferralla y colocación de las armaduras se refiere.

El doblado y colocación de las armaduras se hará de acuerdo con las indicaciones del artículo 66 de la Norma EHE.

El Contratista comprobará a la recepción de cada partida que llega acompañada de la copia del “Certificado de Garantía del Fabricante” (en el que también se indicará que es apto para el soldeo y las condiciones y procedimientos en que éste debe realizarse) y además solicitará copia de los “Resultados de los Ensayos” de cada partida servida, estando ambos documentos firmados por persona física, de acuerdo con lo establecido en los artículos 31º y 32º de la EHE. El Contratista archivará dichas hojas de suministro (estando siempre a disposición de la Dirección Facultativa) hasta la entrega de la documentación final de control.

Los mismos certificados se exigirán para las barras que componen las mallas, así como los certificados propios de las mismas.

Todas las barras llevarán grabadas las marcas de identificación del tipo de acero y la marca del fabricante, según los códigos de homologación dados en UNE 36.068.

Se realizarán los ensayos según las prescripciones del artículo 90.3 de la EHE.

En el caso de utilizarse elementos de uniones de barras tales como manguitos roscados, Cadweld, etc., éstos deberán encontrarse homologados por algún Organismo Oficial a escala nacional. En cualquier caso la resistencia de la unión a rotura en ensayo de tracción deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Rotura de la unión: superior a la carga de rotura de la mayor de las barras a unir.
- Rotura de unión: superior a 1,2 veces la carga de rotura mayor de barras de unir.

Para controlar la calidad del acero se adopta un Control a Nivel Normal.

A efectos de control, las armaduras se dividirán en lote, correspondientes a un mismo suministrador, designación y serie.

Si el acero está certificado, el tamaño máximo de lote por diámetro estará constituido por 40t o fracción total del acero.



## ANEJO 17: PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

Se tomarán dos probetas por cada lote, para realizar sobre ellas las comprobaciones indicadas en el apartado 90.3.1 de la EHE.

Se determinarán, al menos en dos ocasiones durante la realización de la obra, el límite elástico, carga de rotura y alargamiento en al menos una probeta de cada lote para las barras corrugadas, de acuerdo con el apartado 90.3.1 de la EHE.

Los criterios de aceptación o rechazo son los establecidos en la EHE, Art. 90.5.

El acero empleado deberá cumplir las características mecánicas y químicas especificadas en el documento DB-SE A: Acero, perteneciente a la CTE.

a) Ensayos de control de resistencia del acero para armar.

Se realizará de acuerdo a lo especificado en el Artículo 90, “Control de la Calidad del Acero”, de la Instrucción para el proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón Estructural EHE.

El control consistirá en tomar dos probetas por cada diámetro y cantidad de 20 t. o fracción, siendo los ensayos a realizar:

- Características geométricas.
- Resistencia a tracción, determinando:
  - Límite elástico.
  - Carga de rotura.
  - Alargamiento en rotura.
- Doblado simple.
- Doblado-desdoblado.
- Identificación.

### 3.5 PAVIMENTOS

#### 3.5.1 SOLADOS DE HORMIGÓN

Durante el transcurso de la obra, siempre que lo autorice la Dirección Facultativa, se realizarán los siguientes ensayos sobre una muestra recogida al azar:

- Resistencia a flexión.
- Resistencia al choque.

- Absorción de agua.
- Resistencia a compresión.
- Ensayo de resistencia al desgaste por rozamiento.

Al comienzo de la obra y con una periodicidad mensual, se realizarán los siguientes ensayos sobre el mortero utilizado en obra:

Fabricación en obra de seis probetas prismáticas de 4x4x16 cm.

Rotura a compresión y flexo tracción de las probetas a la edad de siete y veintiocho días.

### 3.5.2 BORDILLOS DE HORMIGÓN

Con anterioridad a su colocación, y al menos en una ocasión durante el transcurso de la obra, siempre que lo autorice la Dirección Facultativa, se realizarán los siguientes ensayos sobre una muestra recogida al azar:

Resistencia a compresión.

- Resistencia a flexión.
- Resistencia a choque.

### 3.6 IMPERMEABILIZACIÓN

Durante la ejecución de los trabajos deberán comprobarse, mediante inspección general, los siguientes apartados:

- Estado previo del soporte, el cual deberá estar limpio, ser uniforme y carecer de fisuras o cuerpos salientes.
- Homologación oficial AENOR en los productos que lo tengan.
- Fijación del producto mediante un sistema garantizado por el fabricante que asegure una sujeción uniforme y sin defectos.
- Ejecución de elementos singulares, como perímetros, encuentros, desagües y juntas.

La Dirección Facultativa podrá exigir, si lo estima conveniente, una prueba de estanqueidad en cubiertas, con el fin de comprobar posibles defectos no observables a simple vista. Dicha prueba consiste en:

- Inundar la cubierta hasta un nivel de 5 cm. por debajo del punto más alto de la entrega más baja de la membrana en paramentos, debiendo además asegurarse de que la

carga de agua no sobrepase la sobrecarga de uso en cubierta. La inundación se mantendrá durante 24 horas como mínimo. Cuando la cubierta no permita la inundación, se procederá a un riego continuo durante 48 horas.

- Durante la prueba no deberán aparecer filtraciones en la parte inferior del forjado o soporte ni en los muros. El vaciado debe hacerse lentamente. Cuando se vacíe no debe quedar agua estancada.

### **3.7 CONTROL DE INSTALACIONES**

#### **3.7.1 INSTALACIÓN DE ABASTECIMIENTO**

Una vez realizadas las redes de suministro de agua se realizarán pruebas de funcionamiento comprobado usualmente las conexiones, recibido de tuberías, estanqueidad, radios de curvaturas y etc., realizándose las siguientes pruebas por tramo:

- Pruebas de estanqueidad y funcionamiento.
- Pruebas de resistencia mecánica a golpes de presión.

#### **3.7.2 INSTALACIÓN DE PLUVIALES**

Una vez realizadas las redes de pluviales y saneamiento se realizarán pruebas de funcionamiento comprobado usualmente las conexiones, recibido de tuberías, estanqueidad, radios de curvaturas y etc., realizándose las siguientes pruebas por tramo:

- Comprobación de los sistemas de bombeo.
- Conexiones efectuadas.
- Corrientes de fugas.
- Pruebas de estanqueidad y funcionamiento.
- Pruebas de resistencia mecánica a golpes de presión.

#### **3.7.3 INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS Y EMERGENCIAS**

- Comprobación de los sistemas de detección de humos y fuego y funcionamiento de los sistemas de emergencia y alarma.
- Comprobación del sistema de iluminación de Emergencia.

### **3.7.4 INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN Y DETECCIÓN DE CO**

Comprobación de los sistemas de detección de CO y funcionamiento de los sistemas de extracción y ventilación.

### **3.7.5 ENERGÍA ELÉCTRICA, VIGILANCIA Y COMUNICACIONES**

Los controles y pruebas de funcionamiento de la instalación de alumbrado, se efectuarán atendiendo a las siguientes normativas:

- Reglamento electrotécnico e instrucciones complementarias de baja tensión. (Me-Bt)
- Normas e Instrucciones de alumbrado urbano (NV).
- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE-JEE).

Se realizaran las siguientes pruebas:

- Comprobar el funcionamiento de los diferenciales.
- Comprobación del consumo.
- Comprobación del equilibrio de fases.
- Comprobación de potencias activas y reactivas.
- Comprobación del factor de potencia.
- Comprobación de la puesta a tierra.
- Comprobación de las caídas de tensión.
- Comprobación y pruebas de los sistemas de vigilancia.
- Prueba de funcionamiento de pares y coaxiales de comunicaciones.
- Pruebas del reglamento electrotécnico de alta y media tensión.

### **3.8 PINTURAS Y REVESTIMIENTOS**

El Contratista, por medio de su departamento de Control de Calidad verificará y presentará a la Dirección de Obra un informe de los controles realizados durante las sucesivas fases de la ejecución. El Contratista está obligado a comunicar a la Dirección de Obra con 48 horas de antelación la fecha de realización de las inspecciones.

En todos los casos tanto en taller como en obra, previo al comienzo de las operaciones de pintado se verificará el punto de rocío para decidir si debe realizarse.

### **3.8.1 PREPARACIÓN DE LAS SUPERFICIES**

- Comprobación del grado de limpieza.
- Comprobación de la rugosidad superficial.
- Detección de contaminantes residuales (polvo/sales residuales).

### **3.8.2 PREVIA A LA APLICACIÓN DE LA PINTURA**

- Control de la calidad de la pintura, número del lote y fechas de fabricación.
- Verificación del color de la pintura.
- Control de la mezcla/homogeneización en los productos de dos componentes.
- Densidad pintura.
- Poder cubriente.
- Tiempo de secado.

### **3.8.3 TRAS LA APLICACIÓN DE LAS CAPAS DE PINTURA**

- Medición del espesor seco (parcial).
- Control de adherencia.
- Control de intervalos de repintado. ▪ Control de limpieza entre capas.

### **3.8.4 INSPECCIÓN FINAL**

- Inspección visual.
- Medición del espesor seco (total).
- Control de adherencia.
- Control de aspecto (brillo/color).
- Control de curado.
- Detección de poros.

## **3.9 SEÑALIZACIÓN**

Se conoce bajo el nombre de señales el conjunto de aparatos y signos claros y precisos, que tienen por objeto controlar, asegurar y proteger el movimiento de vehículos, hacer conocer al personal las previsiones y el estado de la línea, a fin de garantizar que el tráfico sea satisfactorio y sin riesgos.

Se llevará a cabo un control sobre las marcas viales longitudinales y superficiales, para ello se ejecutará una unidad de cada uno de los siguientes ensayos:

- 1 unidad de Cons. Kerbbs.
- 1 ud de Tiempo de secado.
- 1 ud de % de defectos.
- 1 ud de Índice de refracción.
- 1 ud de Resistencia agentes.
- 1 ud de Granulometría.
- 1 ud de Muestreo y dosificación.

### **3.10 ENSAYOS IMPREVISTOS**

Se prevé una partida para la realización de ensayos imprevistos que pudieran surgir a lo largo de las obras. Los ensayos a realizar, así como el número de los mismos, los aprobará la Dirección Facultativa, remitiéndose los resultados de la empresa cualificada tanto a la Dirección de Obra como a la empresa Constructora.

## **4 CONDICIONES PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS**

### **4.1 SUMINISTRO, IDENTIFICACIÓN Y RECEPCIÓN**

El suministro, la identificación, el control de recepción de los materiales, los ensayos, y, en su caso, las pruebas de servicio, se realizarán de acuerdo con la normativa explicitada en las disposiciones de carácter obligatorio.

Cuando un material no disponga de normativa obligatoria, dichos aspectos se realizarán preferentemente de acuerdo con las normas UNE, o en su defecto por las NTE o según las instrucciones que, en su momento, indique la Dirección Facultativa.

Todos los materiales llegarán a obra, identificados y en perfectas condiciones para su empleo. Para ello, serán transportados en vehículo adecuado y, si es necesario, en envases que garanticen su inalterabilidad. Las operaciones de carga y descarga se efectuarán de forma que no produzcan deterioro en los materiales o en los envases.

## 4.2 TOMA DE MUESTRAS

La toma de muestras será preceptiva en todos los materiales cuya recepción mediante ensayos se establezca en la programación del control y en aquellos que, durante la marcha de la obra, considere la Dirección Facultativa.

Se realizará al azar por la Dirección Facultativa, la cual podrá delegar en personal del laboratorio acreditado, pudiendo estar presente el constructor o persona delegada por éste.

El procedimiento de muestreo se realizará de acuerdo con la normativa de cada producto y en cantidad suficiente para la realización de los ensayos y contraensayos.

Para ello, por cada partida de material o lote se tomarán tres muestras iguales: una se remitirá al laboratorio para la realización de los ensayos previstos en la programación de control; las dos restantes se conservarán en obra para la realización de los contraensayos si fuera necesario. Estas muestras se conservarán en obra durante al menos 100 días si se trata de materiales perecederos (conglomerantes), o hasta la recepción definitiva de las unidades constructivas realizadas con cada uno de los materiales.

En el caso de no tener que realizar ensayos de control, bastará con tomar estas dos últimas muestras.

Todas las muestras se conservarán con garantías de inalterabilidad: bajo cubierta, protegidas de la humedad del suelo, al abrigo de la intemperie y lo más aisladas posible de cualquier maltrato. Estas medidas se adoptarán especialmente en el caso de conglomerantes y muy especialmente en las muestras de hormigón, que necesariamente deberán conservarse en obra al menos 24 horas.

El constructor deberá aportar los medios adecuados que garanticen la conservación en los términos indicados y se encargará de su custodia.

## 4.3 CASO DE MATERIALES CON CERTIFICADO DE CALIDAD

Cuando se reciba en obra un material con algún certificado de garantía, como:

- Marca de calidad (AENOR, AITIM, CIETSID, etc.), o Homologación por el MICT.
- Que tenga que venir acompañado por un certificado de ensayos como es obligatorio en los aceros y cementos el constructor entregará a la Dirección Facultativa los documentos acreditativos para obrar en consecuencia.

En el caso de los cementos, cada partida deberá llegar acompañada del certificado de garantía del fabricante.

#### **4.4 IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS**

Todas las muestras estarán identificadas haciéndose constar los siguientes puntos:

- Denominación del producto.
- Nombre del fabricante o marca comercial.
- Fecha de llegada a obra.
- Denominación de la partida o lote que corresponde la muestra.
- Nombre de la obra.
- Número de unidades o cantidad, en masa o volumen que constituye la muestra.
- Se hará constar si ostenta sello, tiene homologación o le acompaña algún certificado de ensayos.

#### **4.5 REALIZACIÓN DE ENSAYOS**

Todos los ensayos necesarios para enjuiciar la calidad de los materiales, así como las pruebas de servicio, se deberán realizar por un laboratorio acreditado en las áreas correspondientes, de acuerdo con las siguientes disposiciones:

- Decreto 11/1990, de 23 de enero, sobre acreditación de Laboratorios de ensayos para el Control de Calidad de la Edificación del Gobierno Vasco.
- Real Decreto 1230/1989 de 13 Octubre.

No obstante, ciertos ensayos o pruebas de servicio, y a criterio de la Dirección Facultativa, podrán ser realizados por ella misma.

El número de ensayos por cada material o pruebas de servicio serán las previstas en la programación de control y como mínimo los prescritos como obligatorios por el LC/91. No obstante, el constructor podrá, a su costa, aumentar el número de ensayos revistos.



#### **4.6 CONTRAENSAYOS**

Cuando durante el proceso de control se obtuvieran resultados anómalos que implicasen el rechazo de la partida o lote correspondiente, el constructor tendrá derecho a realizar contraensayos a su costa, por medio de las muestras conservadas en obra.

Para ello se procederá como sigue: se enviarán las dos muestras a dos laboratorios distintos del contratado por el promotor, previamente aceptados por la dirección facultativa. Si uno de los dos resultados fuera insatisfactorio, el material se rechazará. Si los dos fueran satisfactorios se aceptará la partida.

#### **4.7 DECISIONES DERIVADAS DEL PROCESO DE CONTROL**

En caso de control no estadístico o no al cien por cien, cuyos resultados sean no conformes, y antes del rechazo del material, la Dirección Facultativa podrá pasar a realizar un control estadístico o al cien por cien, con las muestras conservadas en obra.

La aceptación de un material o su rechazo por parte de la Dirección Facultativa, así como las decisiones adoptadas como demolición, refuerzo o reparación, deberán ser acatados por el promotor o constructor.

Ante los resultados de control, no satisfactorios, y antes de tomar la decisión de aceptación o rechazo, la Dirección Facultativa podrá realizar los ensayos de información o pruebas de servicio que considere oportunos.

### **5 ACTAS DE RESULTADOS E INFORMES MENSUALES Y FINAL**

#### **5.1 ACTAS DE RESULTADOS**

El Laboratorio acreditado que realice los ensayos correspondientes a cada uno de los materiales citados en este Plan de Control, emitirá un acta de resultados con los datos obtenidos en ellos, conteniendo además la siguiente información:

- Nombre y dirección del Laboratorio de Ensayos.
- Nombre y dirección del Cliente.
- Identificación de la obra o precisión de a quién corresponde el material analizado con su número de expediente.
- Definición del material ensayado.

- Fecha de recepción de la muestra, fecha de realización de los ensayos y fecha de emisión del Informe de Ensayo.
- Identificación de la especificación o método de ensayo.
- Identificación de cualquier método de ensayo no normalizado que se haya utilizado.
- Cualquier desviación de lo especificado para el ensayo.
- Descripción del método de muestreo si así es especificado por la normativa vigente o por el Peticionario.
- Identificación de si la muestra para el ensayo se ha recogido en obra o ha sido entregada en el Laboratorio.
- Indicación de las incertidumbres de los resultados, en los casos que se den.
- Firma del Jefe de Área correspondiente, constatando titulación y visto bueno del Director del Laboratorio.

## 5.2 INFORMES MENSUALES

A final de cada mes, mientras dure la Obra, el Laboratorio emitirá un informe resumen de los trabajos realizados en ese período que contendrá la siguiente información:

Resumen de los ensayos realizados en obra durante ese mes.

Interpretación de los resultados en cuanto a su cumplimiento con las especificaciones de la Normativa actual o con el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto.

Cuantas observaciones se pudieran derivar del cumplimiento del Plan de Control u otras que se crean oportunos sobre el desarrollo del Control de Calidad.

## 5.3 INFORME FINAL

De igual modo, y al finalizar la ejecución de la Obra, se emitirá por parte del Laboratorio un informe resumen conteniendo la misma información que los anteriores, pero ya de una forma global en cuanto al cumplimiento y seguimiento del Plan de Control.

## 6 PRESUPUESTO

A continuación se presenta el presupuesto correspondiente al Control de Calidad descrito anteriormente. Para su realización se ha tenido en cuenta la normativa vigente así como la base de precios oficial de País Vasco.

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>01</b>	<b>IMPERMEABILIZANTES</b>			
01.01 (CEII.00)	ud <b>Ensayo de punzonamiento</b> Ensayo de determinación de punzonamiento estatico de láminas bituminosas, según UNE-EN 12.730:01			
		4,00	127,45€	509,80€
01.02 (CEII.10)	ud <b>Ensayo de caracteri .geométricas</b> Ensayo de determinación de características geométricas de láminas bituminosas, según UNE-EN 1.849-1.			
		4,00	20,90€	83,60€
01.03 (CEII.20)	ud <b>Ensayo de absorción de agua</b> Absorcion de agua de láminas bituminosas, según UNE-EN 1.849-1.			
		4,00	67,44€	269,76€
01.04 (CEII.30)	ud <b>Ensayo de masa/unidad superficie</b> Ensayo de masa por unidad de superficie de láminas bituminosas, según UNE-EN 1.849-1.			
		4,00	49,49€	197,96€
01.05 (CEII.40)	ud <b>Ensayo de perdida por calentami.</b> Ensayo de resistencia al calor, perdida por calentamiento y fluencia de láminas bituminosas, según UNE-EN 1.849-1.			
		4,00	87,67€	350,68€
01.06 (CEII.50)	ud <b>Ensayo plegabilidad dist. temp.</b> Ensayo de plegabilidad a distintas temperaturas de láminas bituminosas, según UNE-EN 1.849-1.			
		4,00	84,30€	337,20€
01.07 (CEII.60)	ud <b>Ensayo envejecimiento artificial</b> Ensayo de envejecimiento artificial acelerado de láminas bituminosas, según UNE-EN 1.849-1.			
		4,00	750,30€	3.001,20€
01.08 (CEII.70)	ud <b>Ensayo r. tracción-alargamiento</b> Ensayo de resistencia a tracción y alargamiento a la rotura de láminas bituminosas, según UNE-EN 1.849-1.			

## ANEJO 17: PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

01.09 (CEII.80)	ud <b>Ensayo estabilidad dimensional</b> Ensayo de estabilidad dimensional de láminas bituminosas, según UNE-EN 1.849-1.	4,00	76,88€	307,52
01.10 (CEII.90)	ud <b>Ensayo composición cuantitativa</b> Ensayo de composición cuantitativa de láminas bituminosas, según UNE-EN 1.849-1.	4,00	170,62€	682,48€
01.11 (CEII.91)	ud <b>Ensayo doblado a bajas temperat.</b> Ensayo de doblado a bajas temperaturas de láminas polimericas, según UNE 104.302.	4,00	72,06€	288,24€
<b>TOTAL 01.....</b>		4,00	72,06€	288,24€
<b>6.729,80€</b>				
<b>02 BARRAS LISAS Y CORRUGADAS</b>				
02.01 (CESB.10)	ud <b>Ensayo de ovalidad por calibrad.</b> Ensayo de la ovalidad por calibrado de barras de acero, según UNE 36.068:94.	4,00	8,75€	35,00€
02.02 (CESB.20)	ud <b>Ensayo seccion equiv/desviacion</b> Ensayo de seccion equivalente y desviación masa de barras de acero, según UNE 36.068:94.	4,00	8,75€	35,00€
02.03 (CESB.30)	ud <b>Ensayo características geometri.</b> Ensayo de características geométricas de los resaltos de barras de acero,  según UNE 36.068:94.	4,00	35,07€	140,28€
02.04 (CESB.40)	ud <b>Ensayo de resistencia a tracción</b> Ensayos de resistencia tracción de barras de acero, según UNE-EN 10002-1:02.	4,00	29,13€	116,52€
02.05 (CESB.50)	ud <b>Ensayo de alargamiento de rotura</b> Ensayo de alargamiento de rotura de barras de acero, según UNE-EN 10002-1:02.	4,00	18,21€	72,84€
02.06 (CESB.60)	ud <b>Ensayo de doblado simple a 180°</b> Ensayo de comportamiento ante doblado simple a 180° de barras de acero, según UNE 36.068:94.	4,00	7,28€	29,12€

## ANEJO 17: PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

<b>02.07</b> (CESB.70)	<b>ud Ensayo de doblado-desdoblado 90°</b> Ensayo de comportamiento ante doblado-desdoblado a 90° de barras de acero, según UNE 36.068.	<hr/> 4,00    16,03€    64,12€
<b>02.08</b> (CESB.80)	<b>ud Ensayo aptitud al soldeo en obra</b> Ensayo de aptitud al soldeo en obra de barras de acero, según instrucción EHE.	<hr/> 4,00    201,64€    806,56€
<b>TOTAL 02.....</b>		<b>1.299,44€</b>

### 03 MALLAS ELECTROSOLDADAS

<b>03.01</b> (CESM.10)	<b>ud Ensayo características geométri.</b> Ensayo de características geométricas de mallas de acero, según UNE 36.092:96.	<hr/> 4,00    51,71€    206,84€
<b>03.02</b> (CESM.20)	<b>ud Ensayo resistencia arrancam.nudo</b> Ensayo de resistencia a arrancamiento de nudo (3p) de mallas de acero, según UNE-EN ISO 15.630-2:03.	<hr/> 4,00    152,94€    611,76€
<b>03.03</b> (CESM.30)	<b>ud Ensayo seccion equiv/desviacion</b> Ensayo de seccion equivalente y desviación de la masa de mallas de acero según UNE 36.099:96.	<hr/> 4,00    8,77€    35,08€
<b>03.04</b> (CESM.40)	<b>ud Ensayo características geométri.</b> Ensayo de características geométricas del corrugado en mallas de acero, según UNE 36.092:96.	<hr/> 4,00    35,07€    140,28€
<b>03.05</b> (CESM.50)	<b>ud Ensayo de resistencia a tracción</b> Ensayos de resistencia tracción de mallas de acero, según UNE-EN 10002-1:02.	<hr/> 4,00    13,48€    53,92€
<b>03.06</b> (CESM.60)	<b>ud Ensayo de alargamiento de rotura</b> Ensayo de alargamiento de rotura de mallas de acero, según UNE-EN 10002-1:02.	<hr/> 4,00    16,18€    64,72€
<b>03.07</b> (CESM.70)	<b>ud Ensayo de doblado-desdoblado 90°</b> Ensayo de comportamiento ante doblado-desdoblado a 90° de mallas de acero, según UNE 36.099:96.	<hr/> 4,00    16,18€    64,72€
<b>TOTAL 03.....</b>		<b>1.252,88€</b>

## ANEJO 17: PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

<b>04 SOLDADURAS</b>				
04.01 (CESS.20)	ud Inspec.geometría de los cordones Inspección visual y geométrica de los cordones de soldaduras, según NBE-EA 95,(1 jornada).			
		2,00	433,53€	867,06€
04.02 (CESS.40)	ud Inspección líquidos penetrantes Inspección de uniones soldadas con líquidos penetrantes, según norma UNE-EN 571-1:97, (1 jornada).			
		2,00	495,51€	991,02€
04.03 (CESS.50)	ud Inspección pruebas radiográfica Inspección de uniones soldadas con pruebas radiográficas, según UNE 14.604, (1 jornada).			
		2,00	517,30€	1.034,60€
<b>TOTAL 04.....</b>				
<b>2.892,68€</b>				
<b>05 FORJADOS</b>				
05.01 (CEUF.10)	ud Prueba carga estática s/forjado Ensayo de prueba de carga estática sobre forjado construido, mediante prueba de carga escalonada, con medicion de deformaciones.			
		2,00	1.685,92€	3.371,84€
<b>TOTAL 05.....</b>				
<b>3.371,84€</b>				
<b>06 HORMIGONES</b>				
06.01 (CEUH.05)	ud Ensayo r.compresión/consist.10km Ensayo de hormigón fresco, incluyendo medida del asiento de cono, fabricacion de 5 probetas cilindricas de 15 x 30 cm, curado, refrentado y rotura a compresión a la edad de 7 y 28 días, según UNE-EN 12.350-1 / 12.390-1 / 12.390-2 / 12.390-3 / 12.350-2.			
		25,00	131,50€	3.287,50€
06.02 (CEUH.10)	ud Ensayo de consistencia Ensayo de consistencia de hormigón, mediante el cono de Abrams, según UNE-EN 12.350-2.			
		25,00	27,93€	698,25€
06.03 (CEUH.30)	ud Curado y rotura de probeta norm. Curado y rotura de probeta normalizada de hormigón, según UNE-EN 12.390-3 /UNE-EN 12.390-5 / UNE-EN 12.390-6.			
		25,00	14,20€	355,00€
06.04 (CEUH.90)	ud Extr.vertical-abajo d:100 l:30 Extracción vertical, hacia abajo, de testigos de 100 mm de diametro e iguales o inferiores a 30 cm de longitud.			
		25,00	95,60€	2.390,00€

## ANEJO 17: PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

<b>06.06</b> (CEUH.96)	<b>ud Tallado refrent.rotura testigo</b> Tallado, refrentado y rotura a compresión de testigo de hormigón.	25,00    22,07€    551,75€
<b>06.07</b> (CEUH.99)	<b>km Distancia para toma de muestras</b> Desplazamiento de personal a obra, para toma y recogida de muestras para ensayos de control de calidad.	20,00    1,52€    30,40€
<b>TOTAL 06.....</b>		
		<b>7.864,65€</b>

### 07 MORTEROS

<b>07.01</b> (CEUM.01)	<b>ud Toma de muestras mortero fresco</b> Ensayo de toma de muestras de mortero fresco en obra, según UNE EN 1015-2:99	4,00    62,27€    249,08€
<b>07.02</b> (CEUM.02)	<b>ud Ensayo determinación consistencia</b> Ensayo de determinación de la consistencia mesa de sacudidas, según UNE 83811:92 EX.	4,00    62,27€    249,08€
<b>07.03</b> (CEUM.03)	<b>ud Ensayo morteros aditivados consistencia</b> Ensayo morteros aditivados. Determinación de la consistencia, según UNE 83811:92 EX.	4,00    124,54€    498,16€
<b>07.04</b> (CEUM.04)	<b>ud Ensayo resistencia compresión y flexión</b> Ensayo de resistencia a compresión y flexión, según UNE EN 1015-11:2000	4,00    77,17€    308,68€
<b>07.05</b> (CEUM.06)	<b>ud Ensayo det. de la adherencia (in situ)</b> Ensayo de determinación de la adherencia in situ.	4,00    235,91€    943,64€
<b>07.06</b> (CEUM.07)	<b>ud Ensayo absorción agua capilaridad monocap</b> Ensayo de absorción agua capilaridad. Morteros monocapa, según UNE EN 1015-15:2003	4,00    67,73€    270,92€
<b>07.07</b> (CEUM.08)	<b>ud Ensayo det densidad aparente</b> Ensayo determinación de la densidad aparente, según UNE EN 1015-10:2000	4,00    53,16€    212,64€
<b>TOTAL 07.....</b>		
		<b>2.732,20€</b>

## ANEJO 17: PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

<b>08 ELECTRICIDAD</b>				
<b>08.01</b>	<b>ud Ensayos instalación eléctrica</b>			
(CEUIE.1)	Ensayo de instalación eléctrica, según R.E.B.T., con la comprobación de protecciones (resistencia a tierra), diferenciales (tiempo de disparo y tensión de contacto), tomas de corriente (resistencia a tierra y tensiones de contacto), mediciones de aislamiento de conductores y medición de factor de corrección de potencia.			
				2,00 741,81€ 1.483,62€
<b>TOTAL 08.....</b>				
	<b>1.483,62€</b>			
<b>09 ADOQUINES</b>				
<b>09.01</b>	<b>ud Ensayo de peso específico neto</b>			
(CEOW.10)	Ensayo de peso específico neto de adoquines de piedra.			
				1,00 107,50€ 107,50€
<b>09.02</b>	<b>ud Ensayo de coeficiente desgaste</b>			
(CEOW.30)	Ensayo del coeficiente de desgaste de adoquines de piedra, según UNE-EN 1.342.			
				1,00 99,47€ 99,47€
<b>09.03</b>	<b>ud Ensayo de heladicidad</b>			
(CEOW.40)	Ensayo de resistencia a la helada de adoquines de piedra, según UNE-EN 12.371 / UNE-EN 1.342.			
				1,00 160,77€ 160,77€
<b>TOTAL 09.....</b>				
	<b>367,74€</b>			
<b>10 PINTURAS</b>				
<b>10.01</b>	<b>ud Espesor película (Método no destructivo)</b>			
(CEPP.01)	Espesor de película (Método no destructivo), según UNE-EN ISO 2808:2000			
				4,00 83,60€ 334,40€
<b>TOTAL 10.....</b>				
	<b>334,40€</b>			
<b>TOTAL.....</b>				<b>28.329,25€</b>



GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 18- ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE  
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	421
2	NORMATIVA DE APLICACIÓN .....	422
2.1	NORMATIVA COMUNITARIA .....	422
2.2	NORMATIVA ESTATAL .....	422
2.3	AUTONÓMICA .....	424
3	IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR .....	424
3.1	CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS RESIDUOS .....	425
4	DESTINO DE LOS RESIDUOS. ....	428
5	ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD QUE SE GENERARÁ.....	429
6	MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS .....	433
6.1	ELABORACIÓN DE PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS. ....	433
6.2	OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN. ....	433
6.3	MEDIDAS DE SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS EN OBRA.....	433
6.4	INFORMACIÓN Y FORMACIÓN.....	434
6.5	ENTREGA DE DOCUMENTACIÓN POR CONTRATISTA SOBRE LA JUSTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS ENTREGADOS A GESTOR. ....	435
6.5.1	RESIDUOS PELIGROSOS .....	435
6.5.2	RESIDUOS NO PELIGROSOS .....	435
6.5.3	TIERRAS NO CONTAMINADAS.....	435
6.6	DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE RESIDUOS (APLICACIÓN DE DECRETO 112/2012 DE GOBIERNO VASCO) .....	435
6.7	CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO .....	437
7	PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS	437
7.1	GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN .....	437
7.2	CERTIFICACIÓN DE LOS MEDIOS EMPLEADOS .....	437
7.3	LIMPIEZA DE LAS OBRAS .....	438
7.4	CON CARÁCTER PARTICULAR: .....	438

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene como objetivo establecer el estudio de la Gestión de Residuos de Construcción y demolición del presente proyecto constructivo.

De acuerdo con el Real Decreto 105/2008 por la que se regula la gestión de los residuos de construcción y demolición, y de acuerdo al Decreto 112/2012, de 26 de junio, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición en el País Vasco se presenta el presente Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición, con el siguiente contenido:

- Una estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos y materiales 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.
- Las medidas para la prevención de residuos en la obra objeto del proyecto.
- Las operaciones de valorización o eliminación a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.
- Las medidas para la separación de los residuos en obra.
- La descripción 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.
- Un inventario de los residuos peligrosos que se generarán.
- En obras de demolición de edificios o instalaciones potencialmente contaminados deberá elaborarse un estudio adicional. Es preciso señalar que el Estudio de Gestión de Residuos que figura a continuación tiene carácter orientativo, puesto que en el momento de redacción del proyecto de construcción no se dispone de todos los datos necesarios respecto de los materiales y sistemas constructivos a utilizar en obra, muchos de los cuales serán definidos por el contratista que finalmente ejecute las obras.

Mencionar que el emplazamiento del proyecto está potencialmente contaminado y se ha realizado un estudio específico recogido en el Anejo 4. “Gestión de Suelos Contaminados”.

Además, antes del inicio de la obra, el contratista o constructor de la obra deberá redactar el Plan de gestión de residuos al que hace referencia el artículo 5.1. del Real Decreto 105/2008 sobre la base de la realidad de la obra y el art. 7 del Decreto 112/2012, de 26 de junio, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición en el País Vasco.

## **2 NORMATIVA DE APLICACIÓN**

### **2.1 NORMATIVA COMUNITARIA**

- 2005/437/CE: Decisión de la Comisión, de 10 de junio de 2005, que deroga la Decisión 2005/63/CE por la que se modifica el anexo II de la Directiva 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a los vehículos al final de su vida útil.
- 2005/293/CE: Decisión de la Comisión, de 1 de abril de 2005, por la que se establecen normas de desarrollo para controlar el cumplimiento de los objetivos de reutilización y valorización, así como de reutilización y reciclado fijados en la Directiva 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a los vehículos al final de su vida útil.
- 2008/98/CE: Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas.
- 2014/955/UE: Decisión de la Comisión de 18 de diciembre de 2014, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

### **2.2 NORMATIVA ESTATAL**

- Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 20/1986.
- ORDEN de 13 de octubre de 1989, por la que se determinan los métodos de caracterización de residuos tóxicos y peligrosos. Desarrolla el Real Decreto 833/1988 y transpone los métodos de caracterización establecidos en la Directiva 84/449.

- Real Decreto 228/2006, de 24 de febrero, por el cual se modifica el Real Decreto 1378/1999, de 27 de agosto, por el cual se establecen medidas para la eliminación gestión de los policlorobifenilos, policloroterfenilos y aparatos que los contengan.
- Real Decreto 679/2006 de 2 Junio (regula la gestión de los aceites industriales usados).
- Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, que modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.
- Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.
- Real Decreto 782/1998, de 30 de abril, que aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 11/1997.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de Residuos y Suelos Contaminados.
- Ley 34/1998, de 7 de octubre, del Sector de Hidrocarburos.
- Resolución 14/06/2001 del Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (2001-2006).
- Resolución 08/10/2001 de publicación del Acuerdo del Plan Nacional de Neumáticos fuera de uso.
- Real Decreto 1481/2001 de Eliminación de Residuos mediante depósito en Vertedero.
- REAL Decreto 1416/2001 de 14 de diciembre, sobre envases de productos fitosanitarios.
- 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.
- Real Decreto 782/1998, de 30 de abril. por el que se aprueba el Reglamento para el Desarrollo y Ejecución de la Ley 11/1997, de Envases y Residuos de Envases.
- REAL Decreto 1383/2002, de 20 de diciembre, sobre gestión de vehículos al final de su vida útil. Transpone la Directiva 2000/53/CE.

- Real Decreto 255/2003, Se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de Preparados Peligrosos.
- Real Decreto 653/2003, Incineración de residuos.
- REAL Decreto 1619/2005, de 30 de diciembre, sobre la gestión de neumáticos fuera de uso.
- REAL Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados. Los artículos 3.4 y 5.5 han sido derogados por el Real Decreto 106/2008, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la Producción y Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición.
- Orden APM/1007/2017, de 10 de octubre, sobre normas generales de valorización de materiales naturales excavados para su utilización en operaciones de relleno y obras distintas a aquellas en las que se generaron.

### 2.3 AUTONÓMICA

- Decreto 259/1998, de 29 de setiembre, por el que se regula la gestión del aceite usado en el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco.
- Decreto 46/2001 de 13 de marzo, por el que se regula la gestión de los neumáticos fuera de uso en el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco.
- Decreto 112/2012, de 26 de junio, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Decreto 21/2015, de 3 de marzo, sobre gestión de los residuos sanitarios en la Comunidad Autónoma de Euskadi.
- Decreto 49/2009 por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero y la ejecución de los rellenos.

## 3 IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR

Codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por orden MAM/304/2002 de 8 de Febrero o sus modificaciones posteriores.

### 3.1 CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS RESIDUOS

Se identifican dos categorías de Residuos de Construcción y Demolición (RCD).

#### RCDs de Nivel I

Residuos generados por el desarrollo de las obras de infraestructura de ámbito local o supramunicipal contenidas en los diferentes planes de actuación urbanística o planes de desarrollo de carácter regional, siendo resultado de los excedentes de excavación de los movimientos de tierra generados en el transcurso de dichas obras. Se trata, por tanto, de las tierras y materiales pétreos, no contaminados, procedentes de obras de excavación. Así mismo, se consideran de esta categoría los residuos procedentes del desbroce de arbustos y tala de árboles.

#### RCDs 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.

Son residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas.

Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las que entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. Se contemplan los residuos inertes procedentes de obras de construcción y demolición, incluidos los de obras menores de construcción y reparación domiciliaria sometidas a licencia municipal o no.

Los residuos a generados serán tan solo los marcados a continuación de la Lista Europea establecida en la Orden MAM/304/2002. No se considerarán incluidos en el cómputo general los materiales que no superen 1m<sup>3</sup> de aporte y no sean considerados peligrosos y requieran por tanto un tratamiento especial.

#### A.1.: RCDs Nivel I

RCD: Tierras y pétreos de la excavación	CÓDIGO	
Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	17 05 04	X
Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05	17 05 06	X

Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05	17 05 08	X
----------------------------------------------------------------------	----------	---

**A.2.: RCDs Nivel II**

RCD: Naturaleza no pétreo	CÓDIGO	
<b>1. Asfalto</b>		
Mezclas Bituminosas distintas a las del código 17 03 01	17 03 02	
<b>2. Madera</b>		
Madera	17 02 01	X
<b>3. Metales (incluidas sus aleaciones)</b>		
Cobre, bronce, latón	17 04 01	
Aluminio	17 04 02	X
Plomo	17 04 03	
Zinc	17 04 04	
Hierro y Acero	17 04 05	X
Estaño	17 04 06	
Metales Mezclados	17 04 07	X
Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10	17 04 11	X
<b>4. Papel</b>		
Papel	20 01 01	X
<b>5. Plástico</b>		
Plástico	17 02 03	X
<b>6. Vidrio</b>		
Vidrio	17 02 02	X
<b>7. Yeso</b>		
Materiales de Construcción a partir de Yeso distintos de los 17 08 01	17 08 02	X
RCD: Naturaleza pétreo	CÓDIGO	
<b>1. Arena, grava y otros áridos</b>		
Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados		



en el código 01 04 07	01 04 08	
Residuos de arena y arcilla	01 04 09	X
<b>2. Hormigón</b>		
Hormigón	17 01 01	X
<b>3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos</b>		
Ladrillos	17 01 02	
Tejas y Materiales Cerámicos	17 01 03	
Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas del 01 04 07	17 01 07	X
<b>4. Piedra</b>		
RCDs mezclados distintos de los códigos 17 09 01, 02 y 03	17 09 04	
<b>RCD: Potencialmente peligrosos y otros</b>	<b>CÓDIGO</b>	
<b>1. Basuras</b>		
Residuos biodegradables	20 02 01	X
Mezclas de residuos municipales	20 03 01	X
<b>2. Potencialmente peligrosos y otros</b>		
Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos con sustancias peligrosas (SP's)	17 01 06	X
Madera, vidrio o plástico con sustancias peligrosas o contaminadas por ellas	17 02 04	X
Mezclas Bituminosas que contienen alquitrán de hulla	17 03 01	X
Alquitrán de hulla y productos alquitranados	17 03 03	
Residuos Metálicos contaminados con sustancias peligrosas	17 04 09	
Cables que contienen Hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras SP's	17 04 10	
Materiales de Aislamiento que contienen Amianto	17 06 01	
Otros materiales de aislamiento que contienen sustancias peligrosas	17 06 03	X
Materiales de construcción que contienen Amianto	17 06 05	
Materiales de Construcción a partir de Yeso contaminados con SP's	17 08 01	
Residuos de construcción y demolición que contienen Mercurio	17 09 01	
Residuos de construcción y demolición que contienen PCB's	17 09 02	

Otros residuos de construcción y demolición que contienen SP's	17 09 03	
Materiales de aislamiento distintos de los 17 06 01 y 17 06 03	17 06 04	
Tierras y piedras que contienen sustancias peligrosas	17 05 03	X*
Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas	17 05 05	X
Balasto de vías férreas que contienen sustancias peligrosas	17 05 07	
Absorbentes contaminados (trapos...)	15 02 02	X
Aceites usados (minerales no clorados de motor)	13 02 05	X
Filtros de aceite	16 01 07	X
Tubos fluorescentes	20 01 21	X
Pilas alcalinas y salinas	16 06 04	X
Pilas botón	16 06 03	X
Envases vacíos de metal contaminados	15 01 10	
Envases vacíos de plástico contaminados	15 01 10	
Sobrantes de pintura	08 01 11	X
Sobrantes de disolventes no halogenados	14 06 03	
Sobrantes de barnices	08 01 11	
Sobrantes de desencofrantes	07 07 01	X
Aerosoles vacíos	15 01 11	X
Baterías de plomo	16 06 01	
Hidrocarburos con agua	13 07 03	X
RCDs mezclados distintos de los códigos 17 09 01, 02 y 03	17 09 04	

Los elementos marcados con X\* corresponden a residuos existentes en la obra, pero que serán tratados en el Anejo x "Gestión de Suelos Contaminados" y tenidos en cuenta en el presupuesto correspondiente a la Gestión de Suelos Contaminados.

*Tabla 1. Material según "Orden MAM 304/2002".*

#### 4 DESTINO DE LOS RESIDUOS.

**RCDs de Nivel I.** Las opciones de destino de los Residuos de Construcción y Demolición (Nivel I) son las siguientes (ordenadas por orden de prioridad):

- Reutilización de los residuos en la propia obra como relleno.

- Utilización en el acondicionamiento de terrenos de la obra.
- Utilización en rellenos autorizados por Gobierno Vasco.

Cabe mencionar que la utilización de tierras que no sean reutilizadas en el mismo lugar u obra donde fueron extraídos pasan a considerarse residuos, por lo que no se pueden ceder a empresas o personas jurídicas que no posean autorización para su gestión (en aplicación de Ley 22/2011, de 28 de julio, de Residuos y Suelos Contaminados).

**RCDs de Nivel II.** El contratista los trasladará a un punto limpio de la obra, clasificándolos para posteriormente ser retirados por un gestor autorizado para su posterior tratamiento.

## 5 ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD QUE SE GENERARÁ

A continuación, se expone una estimación de la cantidad, expresada en toneladas (Tn) y metros cúbicos (m<sup>3</sup>), de los residuos y materiales 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.

Siguiendo lo expresado en el Real Decreto 105/2008 que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, no se consideran residuos y por tanto no se incluyen en la tabla 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.

En cuanto a las cantidades, 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.

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 MAM 304/2002. Operaciones de valorización y eliminación de residuos y Lista europea de residuos"	Código LER	Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	Peso (t)	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>RCD de Nivel I</b>				
1 Tierras y pétreos de la excavación				
Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03.	17 05 04	1,70	199,206	117,18
Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 05.	17 05 06	1,00	0,019	0,019
<b>RCD de Nivel II</b>				
<b>RCD de naturaleza no pétreo</b>				
1 Asfalto				
Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01.	17 03 02	1,00	1,427	1,427
2 Madera				
Madera.	17 02 01	1,10	25,673	23,339
3 Metales (incluidas sus aleaciones)				
Envases metálicos.	15 01 04	0,60	0,055	0,091
Cobre, bronce, latón.	17 04 01	1,50	0,001	0,001
Aluminio.	17 04 02	1,50	0,000	0,000
Hierro y acero.	17 04 05	2,10	67,987	32,374
Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10.	17 04 11	1,50	0,005	0,003
4 Papel y cartón				
Envases de papel y cartón.	15 01 01	0,75	1,795	2,393
5 Plástico				
Plástico.	17 02 03	0,60	3,479	5,798
6 Vidrio				

Vidrio.	17 02 02	1,00	0,306	0,306
<b>7 Yeso</b>				
Materiales de construcción a partir de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01.	17 08 02	1,00	0,009	0,009
<b>8 Basuras</b>				
Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03.	17 06 04	0,60	0,309	0,515
Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.	17 09 04	1,50	0,097	0,064
Residuos biodegradables.	20 02 01	1,50	1,167	0,778
<b>RCD de naturaleza pétreo</b>				
<b>1 Arena, grava y otros áridos</b>				
Residuos de arena y arcillas.	01 04 09	1,60	0,643	0,396
<b>2 Hormigón</b>				
Hormigón (hormigones, morteros y prefabricados).	17 01 01	1,50	1.334,647	889,764
<b>3 Ladrillos, tejas y materiales cerámicos</b>				
Ladrillos.	17 01 02	1,25	17,054	13,643
Tejas y materiales cerámicos.	17 01 03	1,25	0,134	0,107
<b>RCD potencialmente peligrosos</b>				
<b>1 Otros</b>				
Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.	08 01 11	0,90	0,058	0,064

Tabla 2. Cantidad de residuos generados en obra

Se exponen los valores del peso y volumen agrupados por niveles y apartados:

Material según "Orden MAM 304/2002. Operaciones de valorización y eliminación de residuos y Lista europea de residuos"	Peso (t)	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>RCD de Nivel I</b>		
1 Tierras y pétreos de la excavación	199,206	117,18
<b>RCD de Nivel II</b>		
<b>RCD de naturaleza no pétreo</b>		
1 Asfalto	1,427	1,427
2 Madera	25,673	23,339
3 Metales (incluidas sus aleaciones)	68,048	32,469
4 Papel y cartón	1,795	2,393
5 Plástico	3,479	5,798
6 Vidrio	0,306	0,306
7 Yeso	0,009	0,009
8 Basuras	1,573	1,357
<b>RCD de naturaleza pétreo</b>		
1 Arena, grava y otros áridos	0,634	0,396
2 Hormigón	1.334,647	889,764
3 Ladrillos, tejas y materiales cerámicos	17,188	13,750
4 Piedra	0,000	0,000
<b>RCD potencialmente peligrosos</b>		
1 Otros	0,058	0,064
<b>TOTAL:</b>		1.008,252

Tabla 3. Peso y volumen RCD

## **6 MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS**

En el presente proyecto, para prevenir la generación de residuos se prevé una zona de almacenaje de productos sobrantes reutilizables de modo que no se envíen a vertederos, sino que se proceda a su aprovechamiento posterior por parte del Constructor. Dicha zona está ubicada en las proximidades de las obras en zona de ocupación temporal, o aquella que se acuerde entre el Contratista, la Propiedad y la Dirección de Obra.

### **6.1 ELABORACIÓN DE PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS.**

El contratista deberá redactar un Plan de Gestión de Residuos que desarrolle el Estudio de Gestión de Residuos incluido en este proyecto, de acuerdo con el Real Decreto 105/2008, antes del inicio de las obras para su aprobación por la Dirección Ambiental de Obra.

En este plan se establecerán las siguientes medidas:

- Sistemas de reducción de producción de residuos.
- Sistema de segregación de residuos.
- Sistemas de reciclaje.
- Comprobación final del estado de limpieza.

El plan se apoyará en los siguientes elementos:

- Puntos limpios.
- Servicio de recogida.
- Formación e información.

### **6.2 OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN.**

Las tierras y materiales pétreos que puedan ser reutilizadas en la misma obra, serán reincorporadas.

### **6.3 MEDIDAS DE SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS EN OBRA.**

En base al artículo 8 del Decreto 112/2012, de 26 de junio, por el que se regula la producción y gestión de los residuos, los residuos de construcción y demolición deberán separarse en 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 (17 01 01)	10 Tn
Ladrillos (17 01 02), tejas, cerámicos (17 01 03)	10 Tn
Hierro y Acero (17 04 05)	Todos los casos
Madera (17 02 01)	Todos los casos
Vidrio (17 02 02)	0,25 Tn
Plásticos(PVC) (17 02 03)	Todos los casos
Papel y cartón (03 03 08)	0,25 Tn
Yesos, molduras y paneles (17 08 02)	Todos los casos

*Tabla 4. Aplicación de Decreto 112/2012 de Gobierno Vasco.*

#### 6.4 INFORMACIÓN Y FORMACIÓN.

La empresa contratista deberá asegurarse de que todos los que intervienen en la obra conocen sus obligaciones en relación con los residuos; para esto, se deben dar a conocer las obligaciones y responsabilidades de cada uno de los que intervienen en la gestión de los residuos, mediante la difusión de las normas y las órdenes dictadas por la dirección técnica de la obra.

No obstante, la acción del encargado no debe limitarse solamente a transmitir esa información, sino que además debe velar por el estricto cumplimiento de la misma.

Asimismo, se deberá fomentar en el personal de la obra el interés por reducir el uso de recursos utilizados y los volúmenes de residuos originados; para ello se explicará mediante formación a todos los que intervienen en la obra las ventajas medioambientales de una buena práctica, esto es, una práctica que reduzca los recursos utilizados y los residuos generados, habida cuenta de que la sensibilización es uno de los motores más eficaces para lograr una construcción sostenible.



## **6.5 ENTREGA DE DOCUMENTACIÓN POR CONTRATISTA SOBRE LA JUSTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS ENTREGADOS A GESTOR.**

El contratista entregará por tipología de residuo los siguientes documentos:

### **6.5.1 RESIDUOS PELIGROSOS**

- Inscripción como pequeño productor de residuos peligrosos en el País Vasco.
  - Contrato con gestor, solicitud de aceptación y documentos de aceptación de residuos.
  - Documentación del Gobierno Vasco como gestor y transportista autorizado.
  - Notificación previa de retirada.
  - DCS (documento de control y seguimiento por tipología de residuo).
- Depósito final en vertedero autorizado.

### **6.5.2 RESIDUOS NO PELIGROSOS**

- Declaración de residuos no peligrosos.
- Autorización del Gobierno Vasco para planta de valorización.
- Autorización de gestor de RNPs.
- Autorización del transportista de RNPs.
- Documento de aceptación
- DCS (documento de control y seguimiento por tipología de residuo).

### **6.5.3 TIERRAS NO CONTAMINADAS**

- Autorización rellena por Gobierno Vasco según Decreto 49-09
- Documento de aceptación, albaranes de entrega a vertedero, autorización del transportista.
- La documentación entregada garantizará la trazabilidad del residuo.

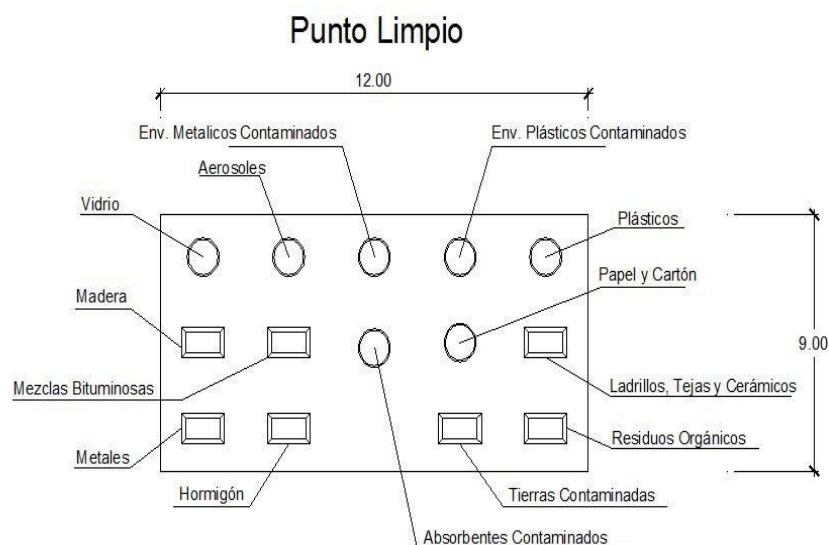
## **6.6 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE RESIDUOS (APLICACIÓN DE DECRETO 112/2012 DE GOBIERNO VASCO)**

Para la adecuación gestión de los residuos deberán colocarse varios contenedores (adecuados en caso de la tipología de residuo a albergar), tanto para inertes como para peligrosos (envases plásticos contaminados, envases metálicos contaminados, aerosoles, absorbentes contaminados y tierras contaminadas), y asimilables a urbanos en el punto limpio.

Teniendo en cuenta las fracciones permitidas en el Decreto 112/2012 del Gobierno Vasco se dispondrán contenedores para:

- Hormigón, Cerámicos, Metales, Madera, Vidrio, Plásticos y Papel y Cartón, Además se colocará contenedores para recibir residuos de:
- Envases metálicos contaminados, Envases plásticos contaminados, Residuos Orgánicos, Tierras contaminadas, Absorbente contaminados, Mezclas Bituminosas y Aerosoles.

El esquema de punto limpio es el siguiente:



*Figura 1. Punto Limpio para reciclaje en la obra*

La zona habilitada como punto limpio:

- Será accesible desde las zonas donde se produzcan los residuos peligrosos.
- Debe estar completamente aislado de la lluvia y las aguas de escorrentía.
- Deberá tener una rampa que permita el acceso desde el interior y el exterior.
- Deberá tener un acceso suficientemente amplio para maquinaria.

- No deberá haber obstáculos alrededor del punto limpio.
- Deberá mantenerse un cartel consistente en el que se especifique su uso.
- Deberá disponer en sus proximidades un contenedor aislado del agua con material absorbente, de forma que pueda utilizarse para la limpieza de pequeños derrames en el punto limpio.
- Dispondrá de reborde de hormigón para evitar derrames al terreno en caso de accidental.

## **6.7 CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO**

Las parcelas destinadas a Punto Limpio disponen de una buena accesibilidad desde la obra como desde el exterior. Se encuentra dentro de los límites de la obra con acceso restringido únicamente a los trabajadores.

## **7 PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS**

Prescripciones técnicas particulares de la Gestión de Residuos del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición en obra.

### **7.1 GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN**

Gestión de residuos según RD 105/2008, Ley 22/2011 y Decreto 112/2012 realizándose su identificación con arreglo a la Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero o sus modificaciones posteriores.

La segregación, tratamiento y gestión de residuos se realizará mediante el tratamiento correspondiente por parte de empresas homologadas mediante contenedores o sacos industriales.

### **7.2 CERTIFICACIÓN DE LOS MEDIOS EMPLEADOS**

Es obligación del contratista proporcionar a la Dirección Facultativa de la obra y a la Propiedad los certificados de los contenedores empleados, así como los puntos de vertido final, ambos emitidos por entidades autorizadas y homologadas.

### 7.3 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.

### 7.4 CON CARÁCTER PARTICULAR:

Prescripciones técnicas particulares de la Gestión de Residuos del presente proyecto.

- El depósito temporal de los escombros, se realizará bien en sacos industriales iguales o inferiores a 1m<sup>3</sup>, contenedores metálicos específicos con la ubicación y condicionado que establezcan las ordenanzas municipales. Dicho depósito en acopios, también deberá estar en lugares debidamente señalizado y segregados del resto de residuos.
- El depósito temporal de RCDs para su caracterización (tierras, maderas, plásticos, metales, chatarra...) se realizará en contenedores o acopios y se deberá señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.
- Los contenedores deberán estar pintados en colores que destaquen su visibilidad, especialmente durante la noche, y contar con una banda de material reflectante de al menos 15cm a lo largo de todo su perímetro.
- Todos los residuos tanto peligrosos como no peligrosos, tendrán sus contenedores bien identificados y etiquetados de forma fácil y sencilla para todos los empleados, y además tal y como indique la normativa y la legislación. La periodicidad en la recogida de los mismos será la que considere el Técnico de MA en la obra y siempre dentro de la normativa y legislación, como, por ejemplo, en el caso de los residuos peligrosos, que no pueden estar más de 6 meses desde el primer depósito del mismo.
- La retirada se realizará de acuerdo a la legislación vigente (estatal y autonómica).
- El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos al mismo. Los contenedores permanecerán cerrados, o cubiertos, al menos fuera del horario de trabajo, para evitar el depósito de residuos ajenos a la obra a la que prestan servicio.

- En el equipo de obra deberán establecerse los medios humanos, técnicos y procedimientos para la separación de cada tipo de RCD.
- Se atenderán los criterios municipales establecidos (ordenanzas, condiciones de licencia de obras...), especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición.
- En este último caso se deberá asegurar por parte del contratista realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación, tanto por las posibilidades reales de ejecutarla como por disponer de plantas de reciclaje o gestores de RCDs adecuados.
- La Dirección de Obra será la responsable de tomar la última decisión y de su justificación ante las autoridades locales o autonómicas pertinentes.
- Se deberá asegurar en la contratación de la gestión de los RCDs que el destino final (relleno, planta de reciclaje, cantera, incineradora...) sean centros con la autorización autonómica de Gobierno Vasco, así mismo se deberá contratar sólo transportistas o gestores autorizados e inscritos en el registro pertinente.
- Se llevará a cabo un control documental en el que quedarán reflejados los avales de retirada y entrega final de cada transporte de residuos.
- La gestión tanto documental como operativa de los residuos peligrosos que se hallen en una obra de relleno o de nueva ejecución se regirán conforme a la legislación nacional y autonómica vigente y a los requisitos de las ordenanzas municipales.
- Asimismo, los residuos de carácter urbano generados en las obras (restos de comidas, envases...) serán gestionados acorde con los preceptos marcados por la legislación y autoridad municipal correspondiente.
- Los restos de lavado de canaletas / cubas de hormigón serán tratadas como escombros.
- Se evitará en todo momento la contaminación con productos tóxicos o peligrosos de los plásticos y restos de madera para su adecuada segregación, así como la contaminación de los acopios o contenedores de escombros con componentes peligrosos.

- Las tierras superficiales que pueden tener un uso posterior para jardinería o recuperación de los suelos degradados será retirada y almacenada durante el menor tiempo posible. Se evitará la humedad excesiva, la manipulación y la contaminación con otros materiales.

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 19- CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	441
2	CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA.....	441
2.1	APLICACIÓN AL PROYECTO .....	445



## 1 INTRODUCCIÓN

En este anejo se determina la Clasificación del Contratista que ha de exigirse en la licitación de las obras definidas en el presente Proyecto, en cumplimiento de lo previsto en:

- Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas aprobado por el Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre.
- Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público.
- Real Decreto 773/2015, de 28 de agosto, por el que se modifican preceptos del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por el Real Decreto 1098/2001.

## 2 CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA

Conforme al Artículo 11. Determinación de los criterios de selección de las empresas, del R.D. 773/2015:

*“3. En los contratos de obras cuando el valor estimado del contrato sea igual o superior a 500.000 euros será requisito indispensable que el empresario se encuentre debidamente clasificado como contratista de obras de las Administraciones Públicas. Para dichos contratos, la clasificación del empresario en el grupo o subgrupo que en función del objeto del contrato corresponda, con categoría igual o superior a la exigida para el contrato, acreditará sus condiciones de solvencia para contratar”.*

En el Artículo 25 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre (B.O.E. 26 de octubre de 2001) se establecen los grupos y subgrupos a considerar para la clasificación de los contratistas siendo los siguientes:

### **Grupo A- Movimiento de tierras y perforaciones**

1. Desmontes y vaciados.
2. Explanaciones.
3. Canteras.
4. Pozos y galerías.
5. Túneles.

### **B- Puentes, viaductos y grandes estructuras**

1. De fábrica u hormigón en masa
2. De hormigón armado
3. De hormigón pretensado
4. Metálicos

### **C- Edificaciones**

1. Demoliciones.
2. Estructuras de fábrica u hormigón.
3. Estructuras metálicas.
4. Albañilería, revocos y revestidos.
5. Cantería y marmolería.
6. Pavimentos, solados y alicatados.
7. Aislamientos e impermeabilizaciones.
8. Carpintería de madera.
9. Carpintería metálica.

### **D- Ferrocarriles**

1. Tendido de vías.
2. Elevados sobre carril o cable.
3. Señalizaciones y enclavamientos.
4. Electrificación de ferrocarriles.
5. Obras de ferrocarriles sin cualificación específica.

### **E- Hidráulicas**

1. Abastecimientos y saneamientos.
2. Presas.
3. Canales.
4. Acequias y desagües.
5. Defensas de márgenes y encauzamientos.
6. Conducciones con tubería de gran diámetro.
7. Obras hidráulicas sin cualificación específica.

### **F- Marítimas**

1. Dragados.
2. Escolleras.
3. Con bloques de hormigón.
4. Con cajones de hormigón armado.
5. Con pilotes y tablestacas.
6. Faros, radiofaros y señalizaciones marítimas.
7. Obras marítimas sin cualificación específica.
8. Emisarios submarinos.

### **G- Viales y pistas**

1. Autopistas.
2. Pistas de aterrizaje.
3. Con firmes de hormigón hidráulico.
4. Con firmes de mezclas bituminosas.
5. Señalizaciones y balizamientos viales.
6. Obras viales sin cualificación específica.

### **H- Transportes de productos petrolíferos y gaseosos**

1. Oleoductos.
2. Gasoductos.

### **I- Instalaciones eléctricas**

1. Alumbrados, iluminaciones y balizamientos luminosos
2. Centrales de producción de energía.
3. Líneas eléctricas de transporte.
4. Subestaciones.
5. Centros de transformación y distribución de alta tensión
6. Distribuciones de baja tensión.
7. Telecomunicaciones e instalaciones radioeléctricas.
8. Instalaciones electrónicas.
9. Instalaciones eléctricas sin cualificación específica.

### **J- Instalaciones mecánicas**

1. Elevadoras o transportadoras.
2. De ventilación, calefacción y climatización.
3. Frigoríficas.
4. Sanitarias.
5. Instalaciones mecánicas sin cualificación específica.

### **K- Especiales**

1. Cimentaciones especiales.
2. Sondeos, inyecciones y pilotajes.
3. Tablestacados.
4. Pinturas y metalizaciones.
5. Ornamentaciones y decoraciones.
6. Jardinería y plantaciones.
7. Restauración de bienes inmuebles histórico-artísticos.
8. Estaciones de tratamiento de aguas.
9. Instalaciones contra incendios.

## 2.1 APLICACIÓN AL PROYECTO

De este modo, el adjudicatario de estas obras deberá cumplir:

Grupo A: Movimiento de tierras y perforaciones

Subgrupo 1: Desmontes y vaciados

Subgrupo 2: Explanaciones

Grupo C: Edificaciones

Subgrupo 2: Estructuras de fábrica u hormigón

Subgrupo 4: Albañilería, revocos y revestidos

Subgrupo 6: Pavimentos, solados y alicatados

Subgrupo 7: Aislamientos e impermeabilizaciones

Grupo I: Instalaciones eléctricas

Subgrupo 1: Alumbrados, iluminaciones y balizamientos luminosos

Subgrupo 6: Distribución de baja tensión

Grupo J: Instalaciones mecánicas

Subgrupo 1: Elevadoras o transportadoras

Subgrupo 2: De ventilación, calefacción y climatización

Grupo K: Especiales

Subgrupo 1: Instalación contra incendios

El Artículo 26 del R.D. 773/2015, modifica el artículo 26 del Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, reajustando los umbrales de las distintas categorías, que pasan a denominarse mediante números crecientes:

*“Los contratos de obras se clasifican en categorías según su cuantía. La expresión de la cuantía se efectuará por referencia al valor estimado del contrato, cuando la duración de éste sea igual o inferior a un año, y por referencia al valor medio anual del mismo, cuando se trate de contratos de duración superior”.*

Las categorías de los contratos de obras serán las siguientes:

- Categoría 1, si su cuantía es inferior o igual a 150.000 euros.
- Categoría 2, si su cuantía es superior a 150.000 euros e inferior o igual a 360.000 euros.
- Categoría 3, si su cuantía es superior a 360.000 euros e inferior o igual a 840.000 euros.
- Categoría 4, si su cuantía es superior a 840.000 euros e inferior o igual a 2.400.000 euros.
- Categoría 5, si su cuantía es superior a 2.400.000 euros e inferior o igual a cinco millones de euros.
- Categoría 6, si su cuantía es superior a cinco millones de euros.

Las categorías 5 y 6 no serán de aplicación en los subgrupos pertenecientes a los grupos I, J y K. Para dichos subgrupos la máxima categoría de clasificación será la categoría 4, y dicha categoría será de aplicación a los contratos de dichos subgrupos cuya cuantía sea superior a 840.000 euros.

Considerando el coste de la obra calculada en el Documento 5. Presupuesto, el valor de ejecución material de la obra asciende a 1.092.320,55 € por lo que la categoría del contratista deberá corresponderse con la **Categoría 4**.

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL  
APARCAMIENTO DISUASORIO Y PLAZA  
RECREATIVA EN EL BARRIO DE REKALDE  
(BILBAO-BIZKAIA), ENTRE LA CALLE  
GORDÓNIZ Y LA ESTRADA CALEROS***

***ANEJO 20- DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA***

**Alumna:** ASTORGANO RODERA, PATRICIA

**Director del Proyecto:** LARRAURI GIL, MARCOS

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** 17/07/2019

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	447
2	DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA.....	447



## **1 INTRODUCCIÓN**

La normativa de aplicación para determinar esta obra como tal se recoge en la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que es derogado el Real Decreto Legislativo 3/2011 de 14 de Noviembre por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público.

## **2 DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA**

Según la citada ley donde se exponen todos y cada uno de los elementos necesarios para la utilización de las obras, se considera:

Que el presente proyecto está referido a una obra completa y ha sido redactado conforme a la normativa técnica y administrativa vigente de forma que los documentos que lo componen son lo suficientemente detallados como para ser entregada para su puesta en servicio al final de la realización de las obras.