

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

***CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)***

***DOCUMENTO 1 – MEMORIA***

**Alumno/Alumna:** López Villarragut, Eric

**Director/Directora:** Larrauri Gil, Marcos Ignacio

**Curso:** 2019-2020

**Fecha:** 16/02/2020

## ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. OBJETO DEL PROYECTO Y SOLUCIONES ALTERNATIVAS.....</b> | <b>5</b>  |
| <b>1.1 PROMOTOR .....</b>                                    | <b>5</b>  |
| <b>1.2 AUTORÍA DEL PROYECTO.....</b>                         | <b>5</b>  |
| <b>1.3 OBJETO DEL PROYECTO .....</b>                         | <b>5</b>  |
| <b>1.4 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....</b>                    | <b>5</b>  |
| <b>1.5 JUSTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS .....</b>               | <b>8</b>  |
| <b>1.5.1 ANTECEDENTES .....</b>                              | <b>8</b>  |
| <b>1.5.2 ALTERNATIVAS CONSIDERADAS .....</b>                 | <b>12</b> |
| <b>1.5.3 SOLUCIÓN ADOPTADA.....</b>                          | <b>12</b> |
| <b>2 DATOS INICIALES DE PARTIDA.....</b>                     | <b>14</b> |
| <b>2.1 CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA.....</b>                     | <b>14</b> |
| <b>2.2 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA .....</b>                        | <b>14</b> |
| <b>2.3 CLIMATOLOGÍA.....</b>                                 | <b>14</b> |
| <b>3. VIABILIDAD DEL PROYECTO.....</b>                       | <b>15</b> |
| <b>4 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROYECTADA.....</b>          | <b>17</b> |
| <b>4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL .....</b>                         | <b>17</b> |
| <b>4.2 DOSSIER FOTOGRÁFICO.....</b>                          | <b>18</b> |
| <b>4.3 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA .....</b>                        | <b>18</b> |
| <b>4.3.1 GEOLOGÍA.....</b>                                   | <b>18</b> |
| <b>4.3.2 SISMICIDAD.....</b>                                 | <b>19</b> |
| <b>4.3.3 GEOTECNIA .....</b>                                 | <b>19</b> |
| <b>4.4 HIDROLOGÍA, CLIMATOLOGÍA Y DRENAJE .....</b>          | <b>20</b> |
| <b>4.4.1 CLIMATOLOGÍA .....</b>                              | <b>20</b> |
| <b>4.4.2 HIDROLOGÍA Y DRENAJE .....</b>                      | <b>22</b> |
| <b>4.5 MOVIMIENTO DE TIERRAS.....</b>                        | <b>23</b> |
| <b>4.6 ACCESIBILIDAD Y DISEÑO GEOMÉTRICO.....</b>            | <b>23</b> |
| <b>4.6.1 PLATAFORMAS DE ACCESO .....</b>                     | <b>24</b> |
| <b>4.6.2 PASARELA .....</b>                                  | <b>24</b> |
| <b>4.6.3 ASCENSOR.....</b>                                   | <b>25</b> |
| <b>4.7 CÁLCULO ESTRUCTURAL .....</b>                         | <b>26</b> |
| <b>4.7.1 TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL.....</b>                      | <b>26</b> |
| <b>4.7.2 ESTRUCTURA FINAL .....</b>                          | <b>26</b> |
| <b>4.7.3 CIMENTACIÓN .....</b>                               | <b>29</b> |

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| <b>4.8</b>  | <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....</b>                             | <b>29</b> |
| <b>4.9</b>  | <b>MOBILIARIO URBANO .....</b>                                 | <b>31</b> |
| <b>4.10</b> | <b>GESTIÓN DE RESIDUOS .....</b>                               | <b>32</b> |
| <b>4.11</b> | <b>SERVICIOS AFECTADOS .....</b>                               | <b>32</b> |
| <b>4.12</b> | <b>PLAN DE CONTROL DE CALIDAD .....</b>                        | <b>32</b> |
| <b>4.13</b> | <b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....</b>                      | <b>33</b> |
| <b>4.14</b> | <b>PLAN DE OBRA .....</b>                                      | <b>33</b> |
| <b>4.15</b> | <b>DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA.....</b>                       | <b>34</b> |
| <b>4.16</b> | <b>PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN.....</b> | <b>35</b> |
| <b>5</b>    | <b>ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....</b>                      | <b>36</b> |
| <b>6</b>    | <b>CONTRATACIÓN DE LAS OBRAS.....</b>                          | <b>37</b> |
| <b>6.1</b>  | <b>SISTEMA DE ADJUDICACIÓN .....</b>                           | <b>37</b> |
| <b>6.2</b>  | <b>REVISIÓN DE PRECIOS .....</b>                               | <b>37</b> |
| <b>6.3</b>  | <b>PLAZO DE EJECUCIÓN .....</b>                                | <b>37</b> |
| <b>6.4</b>  | <b>PERÍODO DE GARANTÍA.....</b>                                | <b>37</b> |
| <b>7</b>    | <b>PRESUPUESTO .....</b>                                       | <b>38</b> |
| <b>8</b>    | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                       | <b>39</b> |
| <b>8.1</b>  | <b>PÁGINAS WEB CONSULTADAS .....</b>                           | <b>39</b> |
| <b>8.2</b>  | <b>NORMATIVA APLICADA.....</b>                                 | <b>39</b> |
| <b>8.3</b>  | <b>SOFTWARE.....</b>   | <b>40</b> |
| <b>8.4</b>  | <b>ORGANISMOS CONSULTADOS .....</b>                            | <b>40</b> |
| <b>9</b>    | <b>CONCLUSIÓN .....</b>  | <b>41</b> |

## ÍNDICE ANEXOS

|   |            |
|---|------------|
| <b>ANEXO 1. DOSSIER FOTOGRÁFICO .....</b>                                 | <b>42</b>  |
| <b>ANEXO 2. ESTUDIO DE VIABILIDAD .....</b>                               | <b>51</b>  |
| <b>ANEXO 3. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA .....</b>                                | <b>58</b>  |
| <b>ANEXO 4. CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE .....</b>                  | <b>69</b>  |
| <b>ANEXO 5. MOVIMIENTO DE TIERRAS.....</b>                                | <b>94</b>  |
| <b>ANEXO 6. ACCESIBILIDAD Y DISEÑO GEOMÉTRICO .....</b>                   | <b>101</b> |
| <b>ANEXO 7. BASES DE CÁLCULO ESTRUCTURAL .....</b>                        | <b>112</b> |
| <b>SUBANEXO 7.1. ESTRUCTURA METÁLICA .....</b>                            | <b>167</b> |
| <b>SUBANEXO 7.2. CIMENTACIÓN.....</b>                                     | <b>262</b> |
| <b>ANEXO 8. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....</b>                                | <b>273</b> |
| <b>ANEXO 9. MOBILIARIO URBANO .....</b>                                   | <b>307</b> |
| <b>ANEXO 10. GESTIÓN DE RESIDUOS.....</b>                                 | <b>313</b> |
| <b>ANEXO 11. SERVICIOS AFECTADOS.....</b>                                 | <b>338</b> |
| <b>ANEXO 12. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD.....</b>                          | <b>345</b> |
| <b>ANEXO 13. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....</b>                        | <b>359</b> |
| <b>ANEXO 14. PLAN DE OBRA .....</b>                                       | <b>375</b> |
| <b>ANEXO 15. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA.....</b>                       | <b>382</b> |
| <b>ANEXO 16. DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA .....</b>                       | <b>396</b> |
| <b>ANEXO 17. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS .....</b>                           | <b>399</b> |
| <b>ANEXO 18. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN .....</b> | <b>406</b> |

## **1. OBJETO DEL PROYECTO Y SOLUCIONES ALTERNATIVAS**

### **1.1 PROMOTOR**

Se presenta el proyecto “Construcción de pasarela peatonal con ascensor entre la avenida Altos Hornos de Bizkaia y la calle Erreketa” en el barrio Urban-Galindo, Barakaldo, que se realizará por petición y encargo del Excmo. Ayuntamiento de Barakaldo (Bizkaia).

### **1.2 AUTORÍA DEL PROYECTO**

El presente proyecto tiene como autor al estudiante del Grado de Ingeniería Civil, impartido en la Escuela de Ingeniería de Bilbao de la UPV-EHU, Eric López Villarragut.

### **1.3 OBJETO DEL PROYECTO**

En el presente proyecto se definen, de forma detallada, las obras necesarias para la ejecución de una pasarela peatonal en el municipio de Barakaldo, Bizkaia. Dicha pasarela estará conectada a un ascensor entre la avenida Altos Hornos de Bizkaia y la calle Erreketa. De acuerdo con lo exigido por la legislación vigente, su definición quedará recogida en los siguientes documentos:

- Memoria y anejos
- Planos
- Pliego de Prescripciones Técnicas
- Presupuesto
- Estudio de Seguridad y Salud

Estos documentos son esenciales para la correcta definición del conjunto de actuaciones que deben realizarse, precisando además, la metodología, las características de los materiales empleados, así como su procedencia y las especificaciones de las distintas unidades de obra, con el objetivo de conseguir un resultado óptimo técnica, social y económicamente.

### **1.4 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO**

La obra en cuestión se realizará en el municipio de Barakaldo, perteneciente a la provincia de Bizkaia y situado en la margen izquierda de la Ría del Nervión. Para mayor exactitud, se realizará en el barrio Urban-Galindo (Distrito Norte), entre la avenida Altos Hornos de Bizkaia y la calle Erreketa.



Figura 1. Situación de Barakaldo dentro de la provincia de Bizkaia. Fuente: Wikipedia



Figura 2. Situación de la zona del proyecto en Barakaldo. Fuente: Google Maps

En las siguientes imágenes se muestra con más precisión la zona que ocupará el proyecto. En la *Figura 3* se puede observar una vista aérea, y en la *Figura 4* se muestra la zona que ocupará la pasarela peatonal.



Figura 3. Vista aérea. Fuente: Google Maps

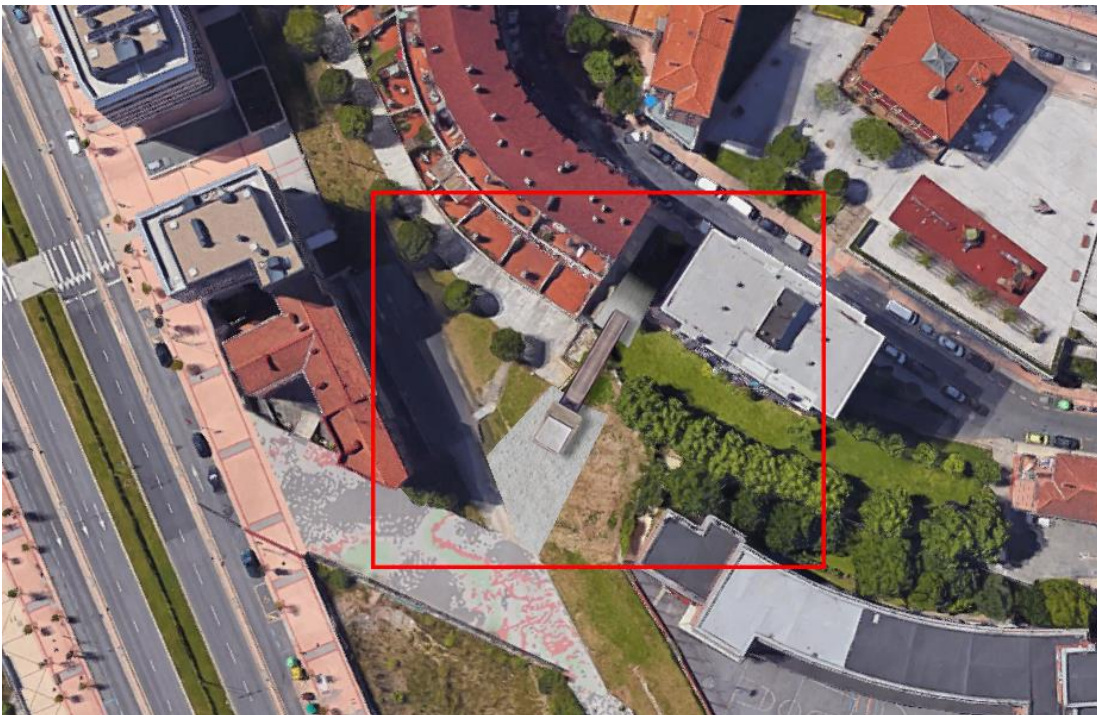


Figura 4. Emplazamiento de la pasarela. Fuente: Google Maps

## 1.5 JUSTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS

### 1.5.1 ANTECEDENTES

San Vicente de Barakaldo es un municipio situado en el territorio histórico de Bizkaia, en la comunidad autónoma del País Vasco. Pertenece a la comarca no oficial del Gran Bilbao, en la margen izquierda de la ría del Nervión. Es el segundo municipio Bizkaino más poblado después de Bilbao, contando con 100.435 habitantes en el año 2018.

Al igual que el resto de la margen izquierda, Barakaldo es un municipio marcado por el proceso de industrialización, destacando la sociedad de Altos Hornos de Vizcaya (AHV), la mayor empresa siderúrgica del país.

Desarrollaba la mayor parte de sus operaciones en Barakaldo (donde estaba ubicada la sede) y Sestao, aunque contaba con pequeñas instalaciones mineras y factorías por gran parte de la península (Cantabria, Asturias, Almería, Murcia, Guadalajara), dando lugar también a Altos Hornos del Mediterráneo S.A, ubicado en la Comunidad Valenciana.

Altos Hornos de Vizcaya tuvo un gran éxito, debido a la importación de tecnologías británicas y estadounidenses y a la adquisición de pequeñas empresas, monopolizando así el sector. También influyó el hecho de que apenas fuese dañada durante la Guerra Civil Española, a pesar de que la fábrica de Barakaldo fuera bombardeada en 1937.

El municipio de Barakaldo sufrió un crecimiento exponencial, cuadruplicando el número de habitantes en apenas 50 años, ya dicho éxito atrajo a multitud de trabajadores de todas partes del país.

En la década de los 70 dejó de ser una referencia industrial, ya que la gran industria comenzaba su declive, dando lugar al cierre de Altos Hornos de Vizcaya, perdiéndose más de 10.000 puestos de trabajo. Tras el desmantelamiento de las instalaciones, los terrenos ribereños de la zona de Urban-Galindo quedaron prácticamente desiertos.

A finales del siglo XX surgió Bilbao Ría 2000, con el fin de dirigir la recuperación y transformación de zonas degradadas del área metropolitana de Bilbao. Se ocupa sobre todo de actuaciones de urbanismo, transporte y medio ambiente, regenerando espacios industriales no utilizados.

La “Operación Urban-Galindo” es uno de los elementos más relevantes de este programa de revitalización, incorporando un programa de unas 2.800 nuevas viviendas, locales comerciales, empresariales y zonas verdes. El ámbito Urban-Galindo se divide en dos áreas:

- Galindo Este. Parcialmente desarrollada, se ha realizado la Urbanización de la Avenida Altos Hornos de Bizkaia, entre las glorietas de Larrea y Galindo, el nuevo puente sobre la desembocadura del río Galindo, la edificación completa del Parque Empresarial Galindo, y una parte del desarrollo residencial proyectado.
- Lasasarre / Galindo Norte. Completamente desarrollada actualmente.



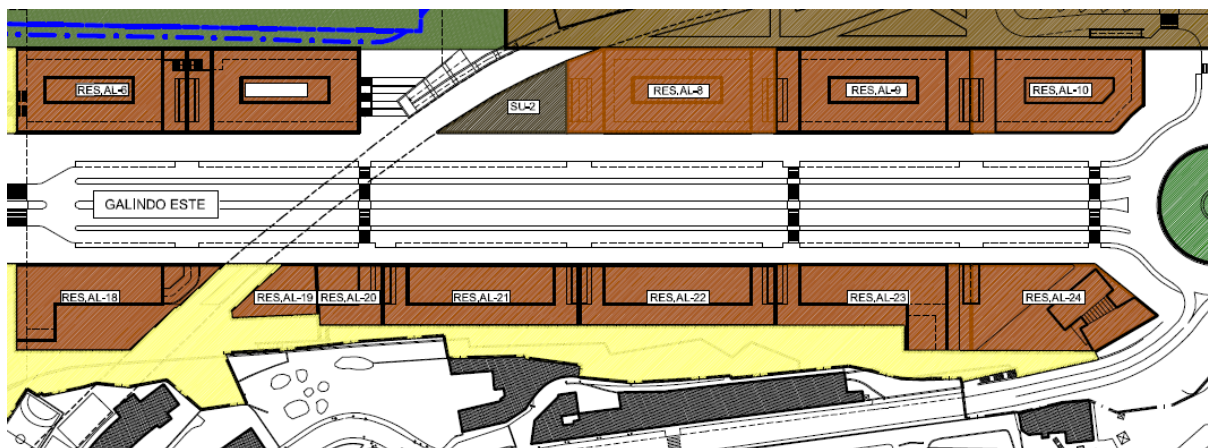


Figura 5. Parcelas proyectadas. Fuente: PGOU Barakaldo (2017)

En la *Figura 5* se muestran las parcelas que forman parte del mencionado desarrollo residencial, y en la *Figura 6* la ejecución de las obras de la fase II de la promoción Ibai Barria en la parcela RES-AL-6.

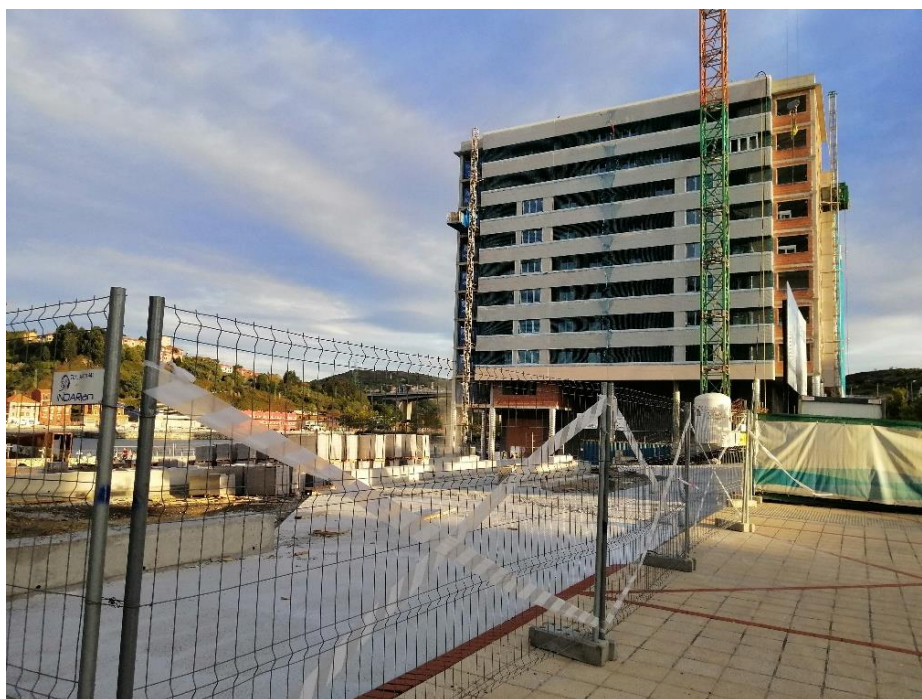


Figura 6. Ejecución de las obras en la parcela RES-AL-6. Fuente: Autor

A continuación, se puede observar una comparativa que destaca las actuaciones del proyecto Bilbao Ría 2000. La *Figura 7* muestra el área Urban-Galindo en 1998 (izquierda) y en 2018 (derecha).



Figura 7. Comparativa Urban-Galindo 1998-2018

Debido al crecimiento que está sufriendo el barrio Urban-Galindo, el tránsito de personas por él está aumentando considerablemente, y se espera que siga ocurriendo en los próximos años. En consecuencia, se debe dotar al barrio de una buena comunicación con el resto de sectores.

En la zona oeste, se abordó este tema con la sustitución del antiguo paso subterráneo de la calle Murrieta por un paso elevado sobre las vías del tren, que cuenta además con un ascensor. De esta forma, se elimina el peligro que suponía dicho paso subterráneo, y se proporciona una alternativa accesible para personas de edad avanzada o movilidad reducida.

El proyecto se enfoca en seguir mejorando la comunicación, concretamente con el barrio de Rontegi. Este barrio cuenta con varias zonas de interés, como pueden ser el palacio Larrea, el ambulatorio de Rontegi, el colegio Salesiano San Paulino de Nola y numerosos comercios.

Actualmente, ambos barrios no tienen un nexo que permita un tránsito cómodo a todos los colectivos. Por un lado, se puede tomar la calle Pormetxeta, que comunica directamente con el colegio Salesianos, la Herriko Plaza y la calle Arrandi, pero presenta una pendiente muy pronunciada, como se puede observar en la *Figura 8*.



Figura 8. Subida a Rontegi por la calle Pormetxeta. Fuente: Google Maps

Por otro lado, existen unas escaleras que comunican con la calle Erreketa (Figura 9), pero al contar con cerca de 60 escalones, presentan un obstáculo insalvable para personas con movilidad reducida o padres que empujen un carrito de bebé.



Figura 9. Escaleras hacia la calle Erreketa. Fuente: Autor

Otra opción es la subida por la zona sur de Urban-Galindo, tomando la calle Larrea, que acaba uniéndose con la calle Pormetxeta en su parte más alta. A pesar de que la pendiente de esta calle es menos pronunciada, supone dar un rodeo bastante largo.

Debido a estas dificultades, se antoja necesaria una intervención que facilite la movilidad y haga más accesible el recorrido que une los barrios Urban-Galindo y Rontegi.

### **1.5.2 ALTERNATIVAS CONSIDERADAS**

El presente proyecto pretende dar una solución alternativa y eficaz al tránsito entre el nuevo barrio de Urban-Galindo y el barrio de Rontegi.

Para ello, se han considerado las dos opciones siguientes:

#### **OPCIÓN 1. ACCESO MECÁNICO EN LA CALLE PORMETXETA**

Esta alternativa consiste en tres tramos de rampas mecánicas, que comienzan en el punto más bajo de la calle Pormetxeta, llegando hasta la intersección con la calle Larrea, ofreciendo una alternativa válida y eficaz para todos los colectivos.

El primer tramo comenzaría en la parte más baja de la calle Pormetxeta, llegando hasta el cruce con la calle Erreketa, y contaría con una longitud de unos 50 metros.

Los otros dos tramos salvarían el resto de la pendiente de la calle Pormetxeta, desde el cruce con la calle Erreketa hasta alcanzar la calle Larrea. Ambos tendrían una longitud de unos 16 metros.

#### **OPCIÓN 2. ASCENSOR ENTRE LA AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA**

La segunda alternativa consiste en un ascensor vertical junto a la avenida Altos Hornos de Bizkaia, conectado mediante una pasarela a la calle Erreketa.

La torre del ascensor contaría con una altura de unos 12 metros, y la pasarela una longitud de unos 25 metros.

### **1.5.3 SOLUCIÓN ADOPTADA**

El acceso con rampas mecánicas en la calle Pormetxeta ofrece una alternativa sencilla y apta para todos los colectivos, pero con varios inconvenientes.

Por un lado, queda a desmano de la zona sur de Urban-Galindo, por lo que las personas que allí residen podrían ser reacias a su utilización, tomando en consecuencia la ruta por la calle Larrea.

Además, supondría un elevado coste de construcción y mantenimiento, añadido a las posibles complicaciones de la obra por el reducido espacio que ofrece la calle Pormetxeta, aunque este podría ampliarse con el talado de alrededor de 10 árboles, y la retirada de los dos refugios existentes en la carretera.

Por lo tanto, la elección del proyecto será ascensor vertical junto a la avenida Altos Hornos de Bizkaia, conectado mediante una pasarela a la calle Erreketa.

Este ascensor estará situado en una zona más accesible para todo Urban-Galindo, resolviendo la problemática en cuanto a movilidad para todos los colectivos.

Desde su ubicación permite un acceso rápido a la zona de Larrea y el colegio Salesianos, pudiendo llegar a la Herriko Plaza sin ascender la calle Pormetxeta.

Además, da continuidad a los ascensores del grupo Mendia, situados a unos 200 metros, ofreciendo nuevas rutas y trayectos más cortos tanto a la gente que necesite subir como a la que realice el recorrido inverso.

## **2 DATOS INICIALES DE PARTIDA**

Los datos empleados para realizar el proyecto en cuestión son los siguientes:

### **2.1 CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA**

La cartografía y topografía han sido extraídas de la página web Bizkaia.net, perteneciente a la Diputación Foral de Bizkaia, y se presenta en formato .DWG.

### **2.2 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA**

Los datos sobre la geología y la geotecnia de la zona afectada se han obtenido del Instituto Geológico y Minero de España.

### **2.3 CLIMATOLOGÍA**

La información referida a la climatología de la zona del proyecto ha sido obtenida de los mapas meteorológicos presentes en el sitio web de la Agencia Vasca de Meteorología, *euskalmet.euskadi.eus*.

### 3. VIABILIDAD DEL PROYECTO

El análisis de la viabilidad del presente proyecto se ha enfocado en tres puntos:

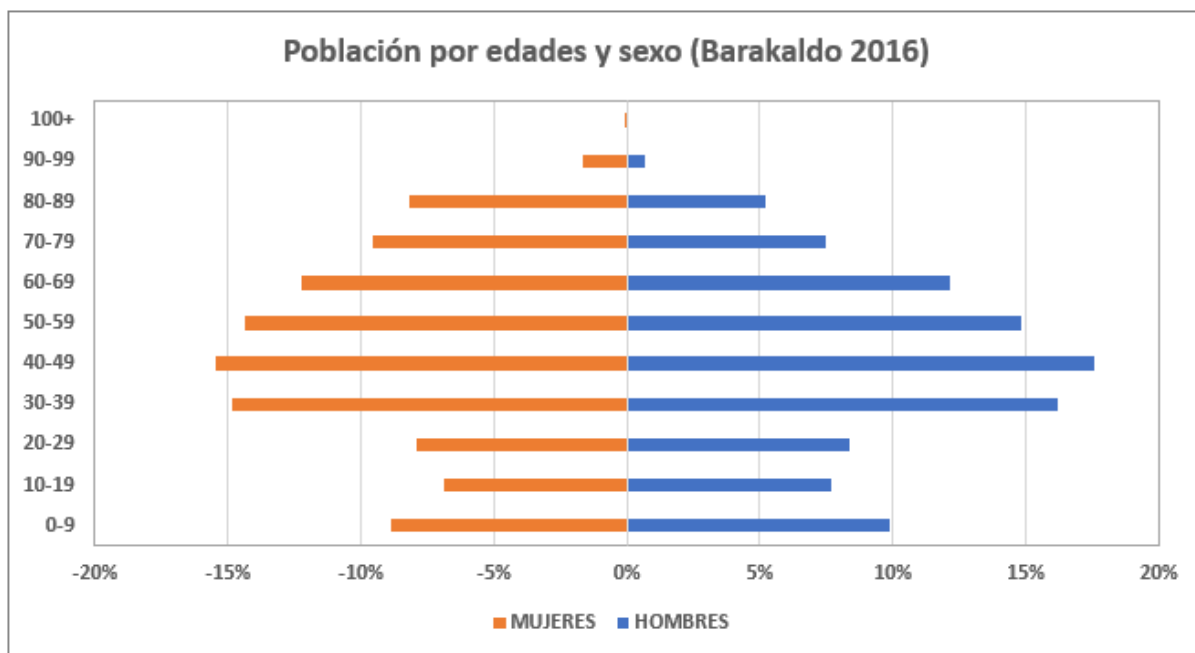
#### PROSPERIDAD DEL NUEVO BARRIO URBAN-GALINDO

El nuevo barrio Urban-Galindo está en un período de continuo crecimiento, gracias a los múltiples proyectos que se están llevando a cabo en la zona para revitalizarla. Esta revitalización está impulsando a cada vez más personas a adquirir una vivienda en el lugar, lo que queda demostrado al observar las ventas de la promoción Ibai Barria, que están siendo todo un éxito.

#### DATOS DEMOGRÁFICOS

Con datos del año 2016, se ha construido la pirámide de población por edades que se puede observar en la *Figura 10*. Se ha comprobado que la población menor a 5 años representa el 4.7% de la población total, y que el porcentaje de personas mayores de 65 años es del 22.25%.

Por tanto, uno de los grupos más susceptibles de utilizar el servicio que pretende disponer el presente proyecto supondría un porcentaje de aproximadamente el 27% de la población de Barakaldo.



*Figura 10. Población de Barakaldo por edades y sexo. Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)*

#### ESTUDIO EN LA ZONA DEL PROYECTO

Con la intención de mostrar la necesidad de la implantación del servicio proyectado, se ha tomado la decisión de realizar un estudio a pie de calle.

Dicho estudio consiste en el conteo de peatones que transitan la avenida Altos Hornos de Bizkaia. Se ha realizado en dos días laborables, que han sido el 15 y el 17 de octubre, y durante intervalos representativos del tráfico peatonal.



Figura 11. Área de estudio. Fuente: Google Maps

Los resultados que ha arrojado el estudio se muestran en la *Tabla 1*:

| DÍA          | 8:00-8:30 | 8:30-9:00 | 17:30-18:00 | 18:00-18:30 | MEDIA HORARIA | MEDIA DIARIA |
|--------------|-----------|-----------|-------------|-------------|---------------|--------------|
| 15/10/19     | 59        | 65        | 58          | 69          | 126           | 1757         |
| 17/10/19     | 67        | 58        | 62          | 81          | 134           | 1876         |
| <b>TOTAL</b> |           |           |             |             | <b>130</b>    | <b>1817</b>  |

Tabla 1. Resultados del estudio

A partir de los datos obtenidos se ha deducido que por la zona de estudio de la avenida Altos Hornos de Bizkaia circulan una media de 1817 peatones diarios, suponiendo movimiento de 8:00 a 22:00, es decir, durante 14 horas.

Teniendo en cuenta que el colectivo de infantes y mayores de 65 años supone un 27% de la población de Barakaldo, se considerará que un 30% del volumen de peatones será susceptible de utilizar el ascensor, lo que arroja un total de 545 usuarios potenciales al día.

A pesar de que 545 personas diarias no sea un volumen muy elevado, es suficiente para llevar a cabo la solución. Además, con las expectativas de crecimiento del barrio, este número aumentará rápidamente.

Con todos estos datos aportados, se establece el proyecto como viable.



## 4 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROYECTADA

### 4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

La pasarela proyectada se elaborará en acero, debido a su rápido montaje en obra a sus excelentes propiedades mecánicas. Dicho acero irá revestido de una pintura grisácea que cumplirá una doble función, la de proteger la estructura de los distintos factores meteorológicos para evitar su deterioro, y la de proporcionar un acabado estético y agradable para los usuarios.

En cuanto al conjunto estructural, se compone de dos partes, el tablero, por el que circularán los peatones para acceder al ascensor, y la torre donde se alojará el mismo.

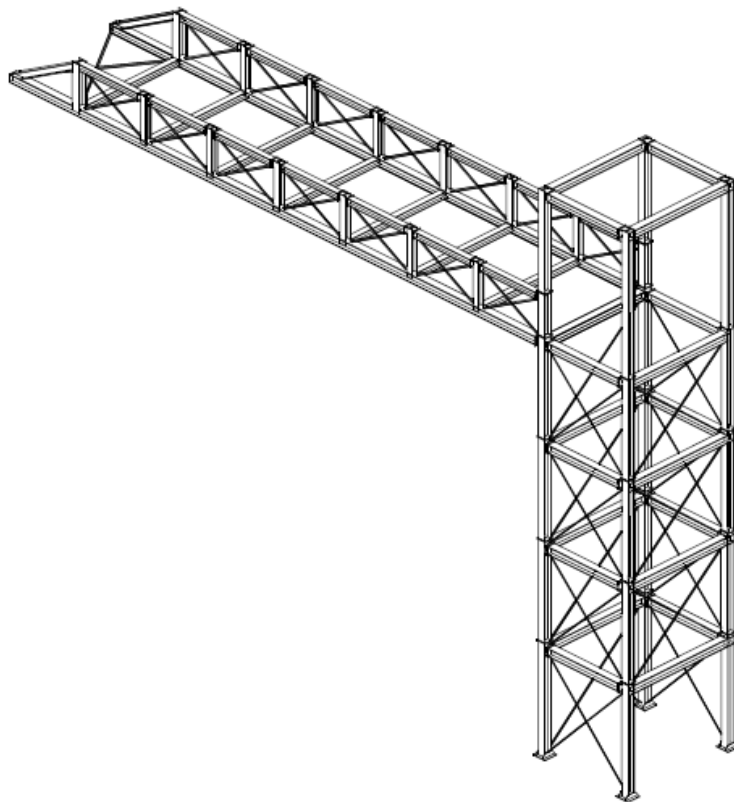


Figura 12. Estructura proyectada. Fuente: autor

El tablero, al igual que la torre del ascensor, está compuesto por perfiles HEB en su mayoría, a excepción de unos tirantes redondos que servirán de arriostramiento.

La cimentación de la estructura consiste en dos losas de hormigón armado, una sobre la que apoyará el tablero, y otra de la que partirán los cuatro pilares principales de la torre.

Además, tanto en el acceso superior como en el inferior se han proyectado dos explanadas, acabadas con un pavimento de microcemento y dotadas de distinto mobiliario urbano, como papeleras y bancos que aumenten el confort de los transeúntes.

El pavimento de la pasarela se elaborará con madera deslizante, evitando así cualquier caída o resbalón que puedan ocasionar las frecuentes lluvias de la zona. También se dispondrán pasamanos de aluminio a dos alturas, alcanzables para cualquier tipo de usuario.

Por último, se dotarán tanto los accesos como la pasarela con la iluminación necesaria para evitar acciones peligrosas para la integridad de los usuarios.

En la *Figura 13* se puede observar el modelo 3D de la pasarela realizado.



*Figura 13. Modelo 3D de la obra. Fuente: autor*

## 4.2 DOSSIER FOTOGRÁFICO

Se presenta en el *Anexo 1. Dossier fotográfico* una recopilación de fotografías de la zona, en las que se refleja el estado actual de la misma.

## 4.3 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

### 4.3.1 GEOLOGÍA

Barakaldo, la región de estudio, se sitúa en la Unidad de Oiz, dentro del complejo urgoniano. Como se puede observar en la *Figura 14*, en la zona de proyecto la unidad geológica predominante es la denominada como unidad 15: Margas y margocalizas.

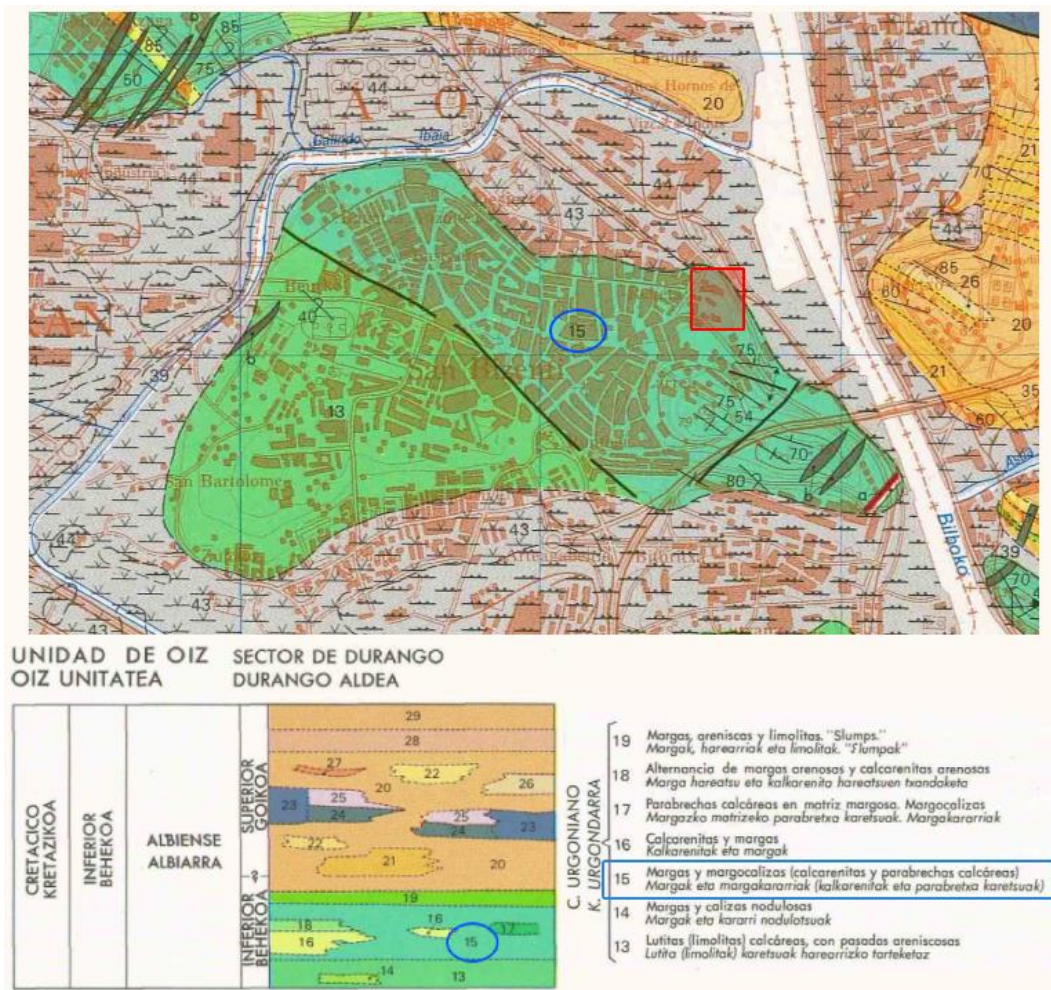


Figura 14. Cartografía geológica del País Vasco. Detalle de Barakaldo. Fuente: Ente Vasco de la Energía (EVE)

### 4.3.2 SISMICIDAD

La actividad sísmica en el País Vasco resulta escasa, caracterizándose por una casi inexistente ocurrencia de terremotos. Además, la aceleración sísmica en la zona es inferior a 0.04 g, por lo que no será necesario tener en cuenta acciones sísmicas sobre la estructura proyectada.

### 4.3.3 GEOTECNIA

Para la caracterización geotécnica del terreno, se ha obtenido información del estudio informativo para el Tranvía Urbano de Barakaldo que se realizó en 2011.

La *Tabla 2* muestra, a modo de resumen, los parámetros geotécnicos obtenidos a través de los trabajos de campo realizados para dicho estudio.

| PARÁMETROS GEOTÉCNICOS |                                 |                       |                                 |                               |                        |                    |            |           |
|------------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------|------------|-----------|
| Unidad geotécnica      | Tipo                            | Densidad aparente     | Resistencia a compresión simple | Ángulo de rozamiento efectivo | Módulo de deformación  | Cotas de aparición |            |           |
|                        |                                 |                       |                                 |                               |                        | S-1                | SM-1       | SM-2      |
| UG-1                   | GM-SM                           | 1.97 t/m <sup>3</sup> | Nula                            | 31°                           | 233 kg/cm <sup>2</sup> | 0-3 m              | 0-2.5 m    | 0-2.8 m   |
| UG-2                   | ML-CL                           | 1.76 t/m <sup>3</sup> | 33 kPa                          | 25°                           | 111 kg/cm <sup>2</sup> | 3-6 m              | 2.5-4.9 m  | 2.8-5.1 m |
| UG-3<br>GM V           | Limos con estructura (GM V)     | 2.04 t/m <sup>3</sup> | 350 kPa                         | 27°                           | 700 kg/cm <sup>2</sup> | 6-10.3 m           | 4.9-8.1 m  | 5.1-8m    |
| UG III<br>GM IV        | Lutitas alto grado fracturación | 2.38 t/m <sup>3</sup> | 6.2 MPa                         | 16°                           | 405 MPa                | 10.3-16.7 m        | 8.1-14.3 m | 8-16.2 m  |
| UG-3<br>GM III         | Lutitas bajo grado fracturación | 2.57 t/m <sup>3</sup> | 10.0 Mpa                        | 27°                           | 3162 MPa               | 16.7 m -           | 14.3 m -   | 16.2 m -  |

Tabla 2. Parámetros geotécnicos del terreno. Fuente: Estudio informativo del Tranvía Urbano de Barakaldo

Para más detalle, se puede consultar el Anexo 3. Geología y geotecnia.

## 4.4 HIDROLOGÍA, CLIMATOLOGÍA Y DRENAJE

### 4.4.1 CLIMATOLOGÍA

Barakaldo se encuentra en la franja norteña del País Vasco, que pertenece al clima templado cálido. Al encontrarse a unos 15 km del mar, este actúa como un termostato que reduce la oscilación térmica, resultando una temperatura media anual de unos 15°C.

En esta zona, el viento del NE puede empujar masas de aire frío y seco de origen ártico hacia el Mar Cantábrico, produciendo nevadas cerca de la costa, aunque son un fenómeno raro, y toma más importancia el granizo.

Las heladas tampoco son un fenómeno importante, dándose un número inferior a 5 al año.

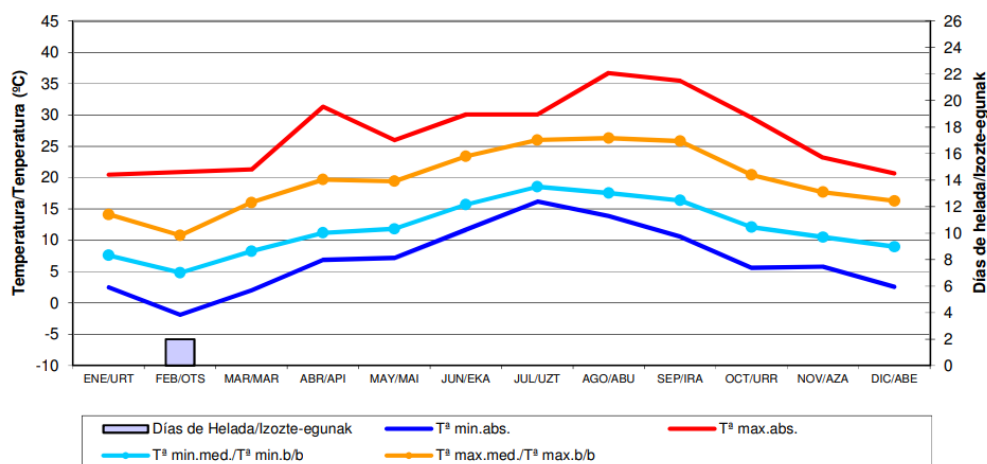


Figura 15. Temperaturas medias y días de helada. Estación de Galindo (2018). Fuente: Agencia Vasca de Meteorología.

Los vientos del cuadrante NW-N-NE son responsables de la lluvia, y por efecto del estancamiento contra los cerros y valles, aparecen lluvias cuantiosas, persistentes y frecuentes, registrándose en 2018 unos 190 días con precipitación, que en Barakaldo sumaron cerca de 1400 mm de lluvia.

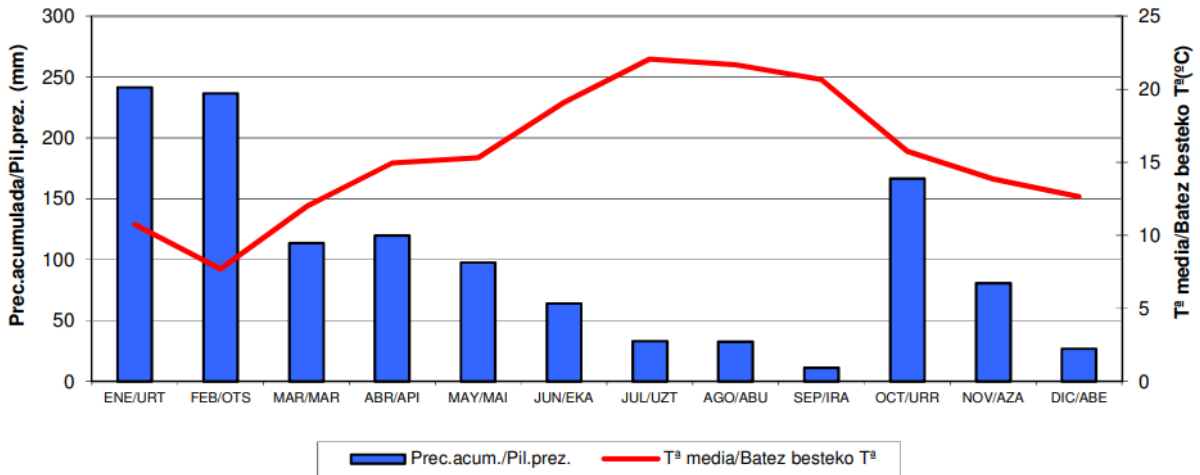


Figura 16. Precipitaciones acumuladas y temperatura media por meses. Estación de Galindo (2018). Fuente: Agencia Vasca de Meteorología.

En cuanto al viento, Bizkaia generalmente es recorrida por vientos generales del oeste, aunque describen amplios meandros, dando lugar a corrientes de aire del sur o norte. En Barakaldo, la velocidad media del viento registrada en 2018 fue de 11,5 km/h, con una dirección predominante oeste.

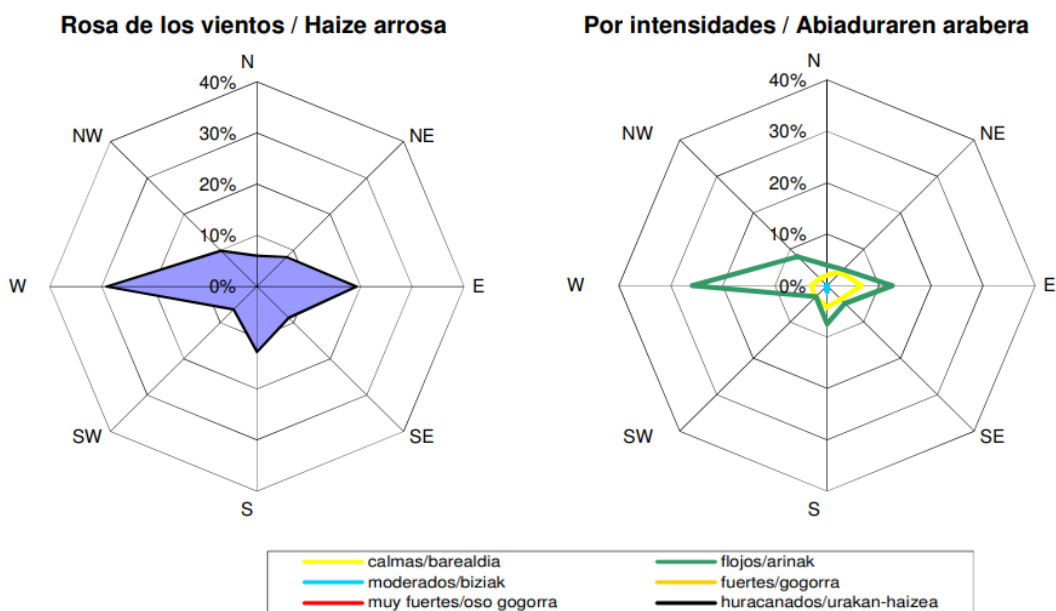


Figura 17. Direcciones del viento. Estación de Galindo (2018). Fuente: Agencia Vasca de Meteorología.

#### 4.4.2 HIDROLOGÍA Y DRENAJE

Para la redacción de este apartado y el cálculo de los distintos parámetros necesarios se ha utilizado la Norma “5.2-IC. Drenaje Superficial”, publicada por el Ministerio de Fomento mediante la Orden FOM/298/2016.

En el anexo correspondiente se calcularán y dimensionarán las obras de drenaje necesarias para evacuar de forma segura el agua que se acumule en la parte superior del tablero de la pasarela, evitando así la formación de balsas y charcas.

Para el cálculo de los mencionados elementos de drenaje se aplicará el método racional, que calcula el caudal máximo  $Q_T$ , correspondiente a un período de retorno  $T$ , mediante la siguiente fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

Donde:

|             |                     |   |
|-------------|---------------------|---|
| $Q_T$       | (m <sup>3</sup> /s) | Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno $T$ , en el punto de desagüe de la cuenca.  |
| $I(T, t_c)$ | (mm/h)              | Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado $T$ , para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración $t_c$ , de la cuenca. |
| $C$         | (adim.)             | Coefficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.  |
| $A$         | (km <sup>2</sup> )  | Área de la cuenca o superficie considerada.   |
| $K_t$       | (adim.)             | Coefficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.  |

Se ha mencionado el período de retorno  $T$ , que es el período de tiempo expresado en años, para el cual el caudal máximo anual tiene una probabilidad de ser excedido igual a  $1/T$ . Este parámetro depende del elemento de drenaje y del tipo de obra a realizar.

Una vez realizado el cálculo del caudal de proyecto, se procedió al de los siguientes elementos de drenaje:

- Canalones. Dos, uno a cada lado de la pasarela. Tendrán una pendiente del 0,5% para evitar acumulaciones de agua que puedan causar con el tiempo perforaciones o fugas.
- Bajantes. Dos, una a cada lado de la torre del ascensor.

Finalmente, se dimensionaron las bajantes con un diámetro de 80 mm y los canalones con un diámetro de 125 mm.

En la *Figura 18* se muestran los elementos elegidos para el proyecto:



*Figura 18. Elementos de drenaje seleccionados. Fuente: Leroy Merlín*

## 4.5 MOVIMIENTO DE TIERRAS

El movimiento de tierras resulta imprescindible para generar las superficies de apoyo sobre las que se construirán los accesos a la estructura.

El acceso superior se ha proyectado a cota 20 m, siendo la misma la de la calle Erreketa, mientras que el inferior se ha proyectado a 10 m por el mismo motivo. Por tanto, habrá un desnivel de 10 m entre ambas superficies, que será salvado por el ascensor.

Además del movimiento de tierras necesario para la ejecución de estas explanadas, se incluye en la *Tabla 3* el volumen correspondiente a la excavación para las losas de cimentación.

|                  | Volúmenes en plano (m <sup>3</sup> ) | Volúmenes en suelto (m <sup>3</sup> ) |
|------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Desmante</b>  | 120,39                               | 203,46                                |
| <b>Terraplén</b> | 385,20                               | 650,99                                |

*Tabla 3. Movimiento de tierras necesario para la ejecución de la obra. Fuente: autor*

Para el terraplenado será aprovechado todo el material posible procedente de desmontes. La cantidad que falte será de material seleccionado de aportación.

El volumen excedente o no aprovechable se transportará a otra obra o a vertedero, en función de la necesidad del contratista.

## 4.6 ACCESIBILIDAD Y DISEÑO GEOMÉTRICO

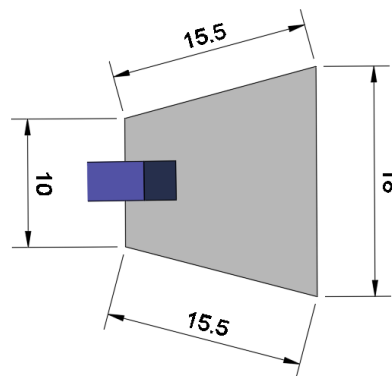
La pasarela ha sido proyectada de acuerdo con la normativa de accesibilidad del País Vasco, de obligado cumplimiento para toda obra a realizar en dicha comunidad autónoma. A su vez, se presentan las diferentes geometrías de las que se compone el proyecto, tales como las plataformas, la pasarela y el ascensor.

Para el diseño y dimensionamiento del ascensor, se ha tenido en cuenta la Guía de aplicación de la Normativa Técnica vigente en materia de Accesibilidad en la comunidad autónoma del País Vasco. En cuanto al diseño de la pasarela, se ha empleado la normativa de pasarelas peatonales expedida por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio ambiente del Gobierno de España.

#### 4.6.1 PLATAFORMAS DE ACCESO

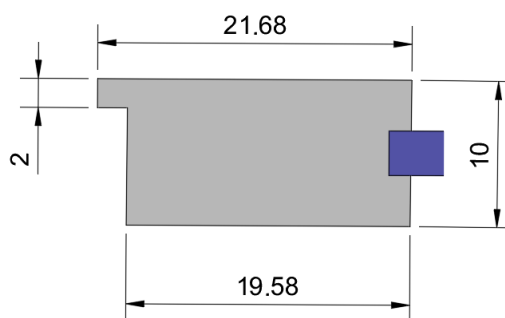
Se han proyectado conectadas con el pavimento existente, con la finalidad de dar acceso al elemento mecánico. Además, han sido dotadas de distinto mobiliario urbano, cumpliendo la normativa pertinente.

El acceso inferior cuenta con una superficie de 211,15 m<sup>2</sup>. Sus dimensiones pueden apreciarse en la *Figura 19*.



*Figura 19. Dimensiones del acceso inferior. Fuente: autor*

El acceso superior cuenta con una superficie de 201,5 m<sup>2</sup>. Sus dimensiones se muestran en la *Figura 20*.



*Figura 20. Dimensiones del acceso superior. Fuente: autor*

#### 4.6.2 PASARELA

La pasarela se ha proyectado a una altura de 10 m sobre el suelo, y posee una anchura de 3 m que garantiza el paso cómodo de al menos 3 personas, como se puede observar en la *Figura 21*.



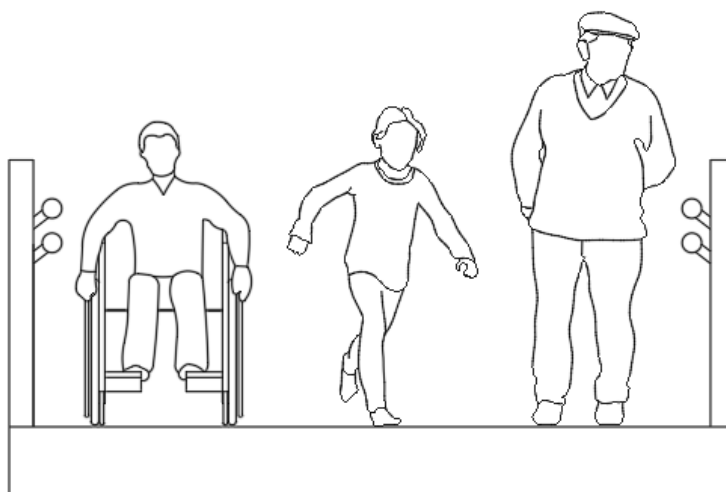


Figura 21. Sección de la pasarela. Fuente: autor

Los laterales tienen una altura de 110 cm, cumpliendo así la altura mínima según normativa. Se colocarán doble barandilla a 75 y 90 cm.

### 4.6.3 ASCENSOR

El ascensor escogido para el proyecto es el Orona 3G 1010, con capacidad para 8 personas y doble embarque a 180°. En la Figura 22 se muestran sus diferentes secciones, y en la Tabla 4 las dimensiones a las que hace referencia la figura anterior.

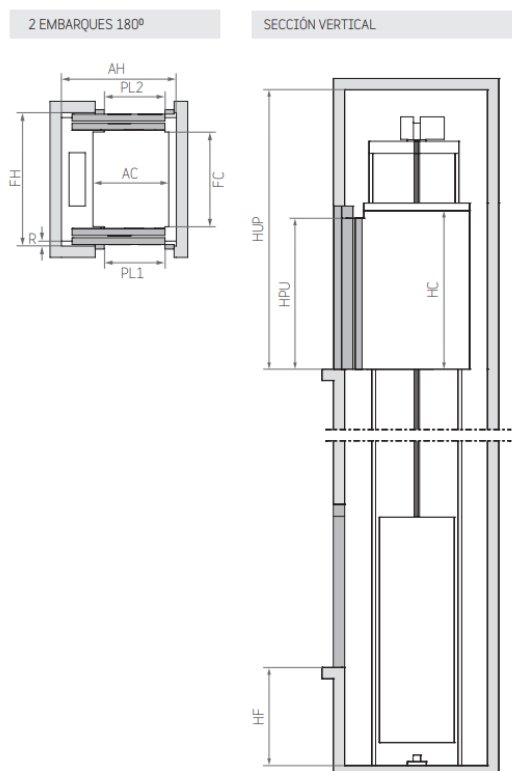


Figura 22. Ascensor Orona 3G 1010. Fuente: Orona

| Carga/capacidad |            | Cabina  |         |         |   | Hueco     |            |         |            |         |         |          |  |
|-----------------|------------|---------|---------|---------|---|-----------|------------|---------|------------|---------|---------|----------|--|
| Personas        | Carga (kg) | AC (mm) | FC (mm) | PL (mm) | Embarques   |           | Puertas TT |         | Puertas CC |         | HF (mm) | HUP (mm) |  |
|                 |            |         |         |         | Accesibilidad   | Embarques | AH (mm)    | FH (mm) | AH (mm)    | FH (mm) |         |          |  |
| 8               | 630        | 1100    | 1400    | 900     |  | 2x180°    | 1600       | 1800    | 2000       | 1600    | 1000    | 3400     |  |

Tabla 4. Dimensiones del ascensor Orona 3G 1010. Fuente: Orona

## 4.7 CÁLCULO ESTRUCTURAL

El cálculo de todos los elementos tanto de la estructura de la pasarela como de la del ascensor se han llevado a cabo de acuerdo con la siguiente normativa:

- Instrucción sobre las Acciones a considerar en el Proyecto de Puentes y Carreteras (IAP-11)
- Instrucción de Acero Estructural (EAE 11)
- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE 08)
- Manual de aplicación de las recomendaciones RPM-RPX/95
- Recomendaciones para la realización de Pruebas de Carga de recepción en puentes de carretera.

### 4.7.1 TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Dado que la luz a superar no es muy alta, y va a tener condiciones de trabajo favorables, la tipología seleccionada es la de puente recto o puente viga.

La pasarela irá soportada por un pilar que dará cobijo al ascensor en un extremo, y apoyada sobre el terreno en el otro extremo.

Las ventajas que aporta esta solución son un fácil y rápido montaje, además de un ahorro de material.

### 4.7.2 ESTRUCTURA FINAL

Como ya se ha detallado, la estructura final estará formada por dos grandes bloques:

#### PASARELA

El tablero de la pasarela tiene unas dimensiones de 16 m de largo por 3 m de ancho. Irá acabado con un pavimento de madera y unos paneles de metacrilato en los laterales.

En la *Figura 23* se muestra el modelo 3D generado por Cype.

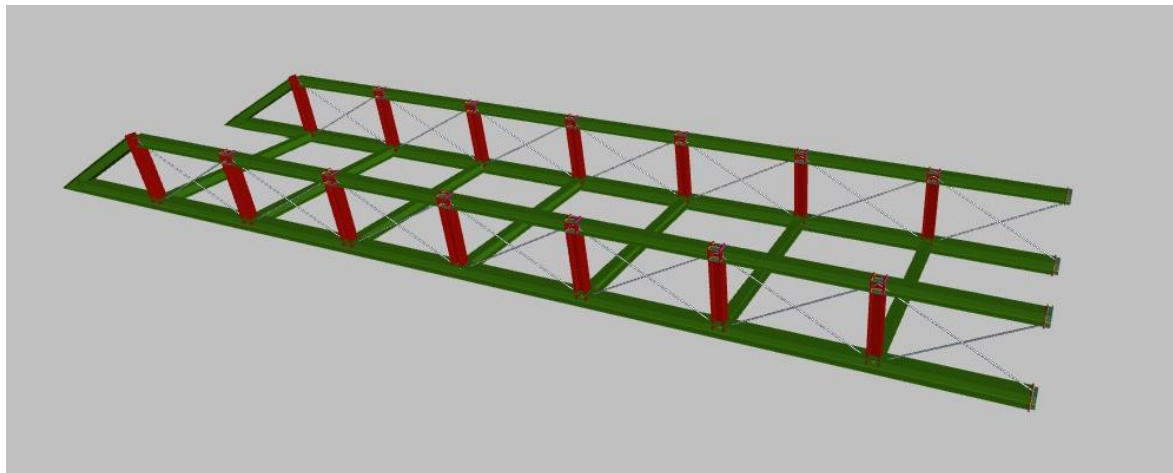


Figura 23. Modelo 3D del tablero. Fuente: autor

Ha sido diseñado utilizando principalmente perfiles de la serie HEB, a excepción de los tirantes, que son perfiles redondos.

En la *Tabla 5* se muestran los perfiles utilizados en el tablero, la cantidad de cada uno, y la longitud de los mismos:

| ZONA                 | PERFIL  | UNIDADES | LONGITUD (m) |
|----------------------|---------|----------|--------------|
| Vigas principales    | HEB 200 | 2        | 9,000        |
|                      |         | 2        | 7,000        |
| Vigas secundarias    | HEB 160 | 8        | 3,000        |
| Montantes verticales | HEB 160 | 14       | 1,100        |
| Cordones superiores  | HEB 160 | 14       | 2,000        |
|                      |         | 2        | 2,283        |
| Tirantes             | R20     | 28       | 2,283        |

Tabla 5. Perfiles utilizados en el tablero. Fuente: autor

Para las vigas principales se han utilizado los perfiles HEB de mayor sección, ya que se encargarán de soportar mayores cargas, además de cierta flexión. Para las barras transversales, montantes y cordones superiores ha sido posible reducir la sección, ya que son zonas menos cargadas.

En cuanto a los tirantes, inicialmente se proyectaron con perfiles laminados, también de la serie HEB, formando una celosía. Tras la realización de los cálculos se observó que no estaban muy solicitados, teniendo un índice de saturación de cargas muy bajo. Por ello, se decidió sustituirlos por los actuales tirantes R20.

## ASCENSOR

Para alojar el ascensor se ha proyectado una estructura metálica compuesta principalmente por 4 pilares. Estará cubierta de unos paneles de metacrilato, que aportan calidad estética y permiten a los usuarios una vista diáfana del exterior.

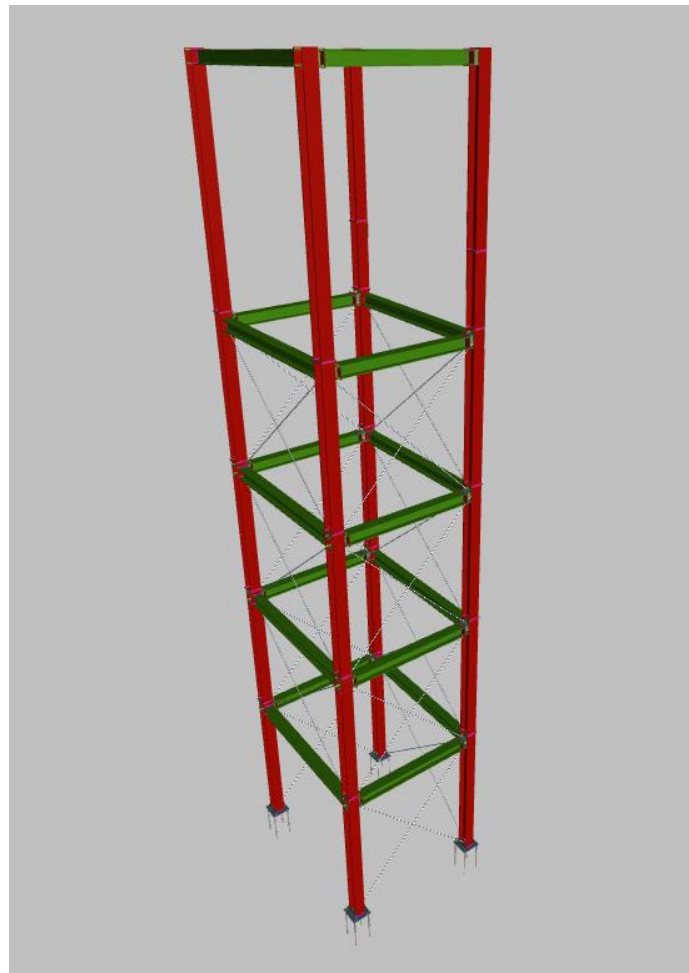
Esta estructura tiene una anchura de 3x2,5m, y 13,66 m de alto. Se muestra un modelo 3D de la misma en la *Figura 24*.

Al igual que el tablero, está diseñada en su mayoría con perfiles de la clase HEB, a excepción de los tirantes redondos.

Los perfiles de mayor dimensión han sido colocados en los pilares, aportando estabilidad y rigidez en la orientación más desfavorable del viento, pudiendo así evitar el uso de perfiles en U soldados.

Para las vigas se ha elegido un HEB de menor dimensión, siendo necesario para suplir las necesidades resistentes de las distintas acciones.

En la *Tabla 6* se muestran los perfiles utilizados en la estructura del ascensor, la cantidad de cada uno, y la longitud de los mismos.



*Figura 24. Modelo 3D de la estructura del ascensor. Fuente: autor*

| ZONA                | PERFIL  | UNIDADES | LONGITUD (m) |
|---------------------|---------|----------|--------------|
| Pilares principales | HEB 200 | 16       | 2,500        |
|                     |         | 4        | 3,666        |
| Vigas               | HEB 180 | 10       | 3,000        |
|                     |         | 10       | 2,500        |
| Arriostramientos    | R15     | 12       | 3,540        |
|                     |         | 12       | 3,910        |
|                     |         | 4        | 3,630        |
|                     |         | 2        | 3,986        |

Tabla 6. Perfiles utilizados en la estructura del ascensor. Fuente: autor

## JUNTAS Y ACABADOS

La unión entre la estructura del ascensor y la pasarela se resolverá con unas juntas de dilatación de polietireno, mientras que las uniones entre barras se han proyectado soldadas en su totalidad.

Las planchas de metacrilato se fijarán a los perfiles metálicos mediante unos anclajes proporcionados por el proveedor.

### 4.7.3 CIMENTACIÓN

Tanto para el apoyo del tablero como de la estructura del ascensor se han proyectado sendas losas de cimentación de hormigón armado con acero B500S.

Las dimensiones de la losa del ascensor son 335x430x70 cm, con una cuantía de 20 barras en sentido longitudinal y 15 barras en sentido transversal.

Por otro lado, la losa del tablero cuenta con unas dimensiones de 75x375x35 cm, con una cuantía de 12 barras en sentido longitudinal, y en sentido transversal 3 barras en la parrilla superior y 2 barras en la inferior.

## 4.8 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Este apartado engloba el cálculo y la instalación del alumbrado de la pasarela, así como la instalación del ascensor.

Para el dimensionamiento, se ha considerado la siguiente normativa:

- Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Alumbrado Público.
- Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias, de EA-01 a EA-07.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.E.B.T).
- Instrucciones Técnicas de Baja Tensión (ITC-BT).

- Clasificación de vías y niveles de iluminación.
- Clasificación de pavimentos.

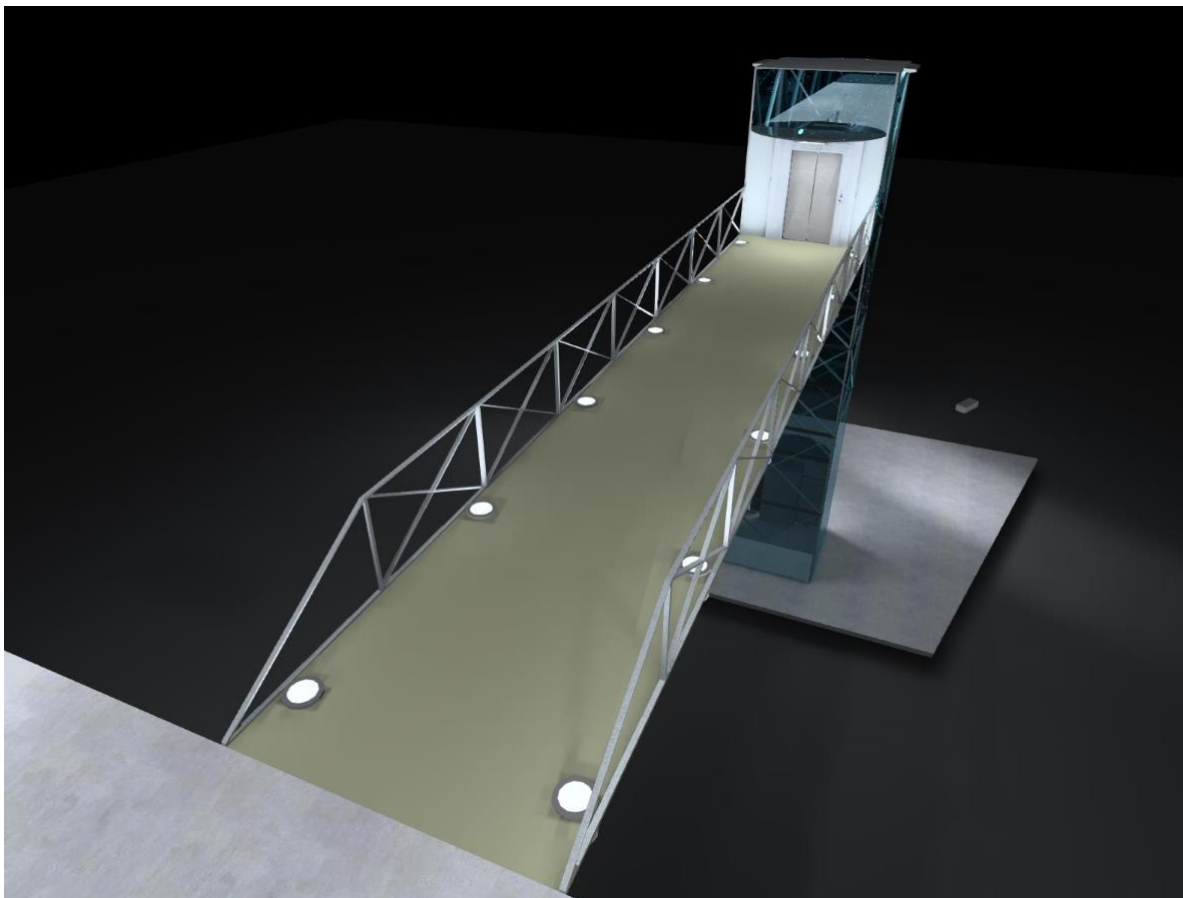
Para el cálculo, se ha hecho uso del software DIALux EVO 8.2, que ha permitido calcular los parámetros luminotécnicos de las superficies objeto.

En la *Tabla 7* se muestran las luminarias seleccionadas para el cálculo, y la situación de las mismas.

| Zona                      | Tipo de luminaria      | Nº de luminarias |
|---------------------------|------------------------|------------------|
| <b>Tablero</b>            | BBP623 GC-AS (Philips) | 12               |
| <b>Torre del ascensor</b> | BGP490 T25 (Philips)   | 1                |
|                           | BGP491 T25 (Philips)   | 3                |
| <b>Acceso superior</b>    | BGP340 (Philips)       | 6                |
| <b>Acceso inferior</b>    | BGP340 (Philips)       | 2                |

*Tabla 7. Luminarias seleccionadas para la realización del cálculo. Fuente: autor*

En la *Figura 25* se puede observar una recreación de la iluminación ofrecida por el conjunto de luminarias seleccionado.



*Figura 25. Simulación de la iluminación propuesta. Fuente: autor*

El ascensor, como se ha detallado anteriormente, es el modelo 3G 1010 de Orona, con capacidad para 8 personas y doble embarque a 180º.

En cuanto a los cálculos eléctricos, las conducciones para los distintos tramos han sido dimensionadas con secciones de 6 mm<sup>2</sup>, obteniendo unas pérdidas de tensión nunca mayores al 3%. La conexión se realizará a la red existente.

Todos los detalles referentes a la instalación eléctrica se encuentran en el *Anexo 8. Instalación eléctrica*.

## 4.9 MOBILIARIO URBANO

El mobiliario urbano seleccionado se compone por:

- 6 bancos modelo CIEZA MB076, cuatro en el acceso superior y dos en el inferior.



Figura 26. Banco modelo CIEZA MB076. Fuente: Manufacturas Deportivas S.L.

- Dos papeleras abatibles modelo MP039, una en cada acceso.

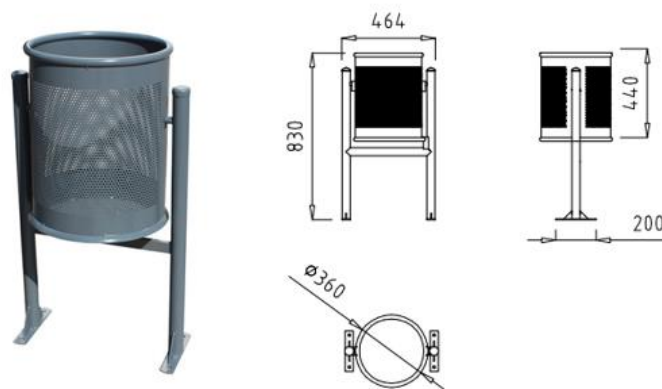


Figura 27. Papelera abatible modelo MP039. Fuente: Manufacturas Deportivas S.L.

- Barandillas modelo BRISA MC030, situadas en los bordes del acceso superior, para evitar caídas.

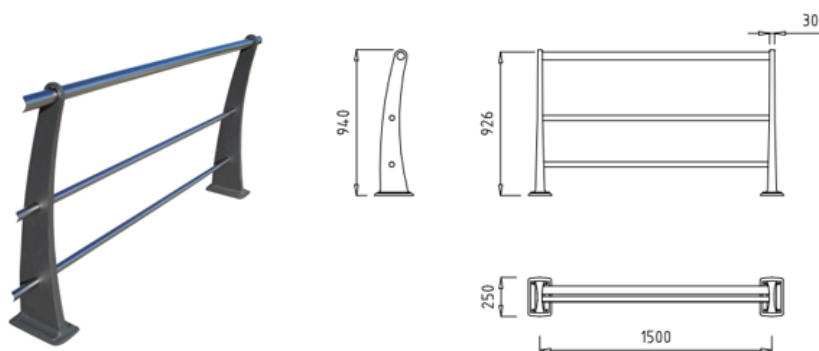


Figura 28. Barandilla modelo BRISA MC030. Fuente: Manufacturas Deportivas S.L.

## 4.10 GESTIÓN DE RESIDUOS

Para el estudio de la gestión de residuos se ha tomado como referencia el decreto 112/2010 del BOPV, de 26 de junio, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

En función del área y del tipo de proyecto se establecen unos ratios mediante los que se calcula la cantidad de los distintos materiales a tratar.

El coste presupuestado para la gestión de residuos es de SEISCIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

Los detalles pertinentes pueden consultarse en el *Anexo 10. Gestión de residuos*.

## 4.11 SERVICIOS AFECTADOS

Los tipos de servicio que pueden verse afectados por el desarrollo de la obra son los siguientes:

- Saneamiento
- Electricidad
- Alumbrado público
- Telefonía
- Tráfico de vehículos
- Gas

Sin embargo, tras el estudio realizado, se ha desestimado la afección en todos ellos, a excepción de unas posibles pequeñas perturbaciones en el tráfico de vehículos, cuyos detalles y solución se pueden comprobar en el *Anexo 11. Servicios afectados*.

## 4.12 PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

Mediante el *Anexo 12. Plan de control de calidad* se pretende dar cumplimiento a lo establecido en el RD 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el CTE.



El control de calidad de las obras incluye:

- Control de recepción de productos
- Control de ejecución
- Control de obra finalizada

El director de la ejecución de la obra recopilará la documentación del control realizado, verificando que es conforme con lo establecido en el proyecto, sus anexos y modificaciones.

Los materiales y elementos constructivos sometidos a control de calidad se engloban en:

- Hormigón armado
- Cementos
- Red de saneamiento
- Cimentación y estructuras
- Albañilería
- Instalaciones eléctricas

Como añadido, se realizará el control de comportamiento ante el fuego de los elementos constructivos y materiales de ejecución.

#### **4.13 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

El Estudio de Impacto Ambiental tiene como objetivo proponer y concretar las medidas protectoras y correctoras referentes a los impactos ambientales que supone la obra proyectada, así como la integración ecológica y paisajística de las actuaciones propuestas.

Con la realización de este estudio se obliga a la realización de los trabajos de una forma respetuosa con el medio ambiente y que cause el menor daño posible al entorno.

Con esta finalidad se han propuesto en el Anexo 13. Estudio de impacto ambiental una serie de medidas protectoras durante las diferentes fases de la obra y un plan de vigilancia acorde a las mismas.

#### **4.14 PLAN DE OBRA**

Las actividades del proyecto se han dividido en distintos apartados, asignando a cada uno una duración aproximada de tiempo para llevarlo a cabo.

Para la programación mostrada en la *Tabla 8* se han tenido en cuenta los festivos correspondientes al País Vasco del año 2020, que son:

- 19 de marzo: San José

- 9 de abril: Jueves Santo
- 10 de abril: Viernes Santo
- 13 de abril: Lunes de Pascua

| NOMBRE DE LA TAREA                  | INICIO            | FIN               | DÍAS DE TRABAJO  |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Tarea 1. Trabajos previos           | 02/03/2020        | 05/03/2020        | 4 día(s)         |
| Tarea 2. Movimiento de tierras      | 06/03/2020        | 09/03/2020        | 2 día(s)         |
| Tarea 3. Estructuras de cimentación | 10/03/2020        | 23/03/2020        | 9 día(s)         |
| Tarea 4. Estructura de la pasarela  | 17/03/2020        | 30/03/2020        | 9 día(s)         |
| Tarea 5. Estructura del ascensor    | 20/03/2020        | 02/04/2020        | 10 día(s)        |
| Tarea 6. Instalación eléctrica      | 03/04/2020        | 14/04/2020        | 5 día(s)         |
| Tarea 7. Instalación de saneamiento | 03/04/2020        | 06/04/2020        | 2 día(s)         |
| Tarea 8. Accesos                    | 08/04/2020        | 20/04/2020        | 6 día(s)         |
| Tarea 9. Mobiliario urbano          | 21/04/2020        | 21/04/2020        | 1 día(s)         |
| Tarea 10. Pruebas de carga          | 21/04/2020        | 22/04/2020        | 2 día(s)         |
| Tarea 11. Limpieza y adecuación     | 23/04/2020        | 30/04/2020        | 6 día(s)         |
| Tarea 12. Gestión de residuos       | 02/03/2020        | 30/04/2020        | 40 día(s)        |
| Tarea 13. Control de calidad        | 02/03/2020        | 30/04/2020        | 40 día(s)        |
| Tarea 14. Seguridad y salud         | 02/03/2020        | 30/04/2020        | 40 día(s)        |
| <b>TOTAL</b>                        | <b>02/03/2020</b> | <b>30/04/2020</b> | <b>40 día(s)</b> |

Tabla 8. Programación prevista para las distintas actividades. Fuente: autor

Como se puede observar, la duración total de la obra será de 40 días de trabajo, que, teniendo en cuenta los festivos mencionados, se traducen en 60 días naturales, comprendidos entre el 2 de marzo y el 30 de abril.

Este plan de obra puede consultarse con más detalle en el *Anexo 14. Plan de obra*.

#### 4.15 DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA

Las obras definidas en el proyecto cumplen con los requisitos exigidos por la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de contratos del sector público.

Se manifiesta que el presente Proyecto comprende una obra completa en el sentido exigido de dicha Ley, ya que comprende todos y cada uno de los elementos que son precisos para la utilización de las obras, siendo susceptibles de ser entregados al uso público, sin interrumpir ningún servicio que afecte a terceros.

Considerando que el presente proyecto se ha redactado de acuerdo con las Normativas Técnicas y Administrativas vigentes, y que con los documentos que integran este Proyecto se

encuentran detallados todos los elementos que lo componen, se somete a la consideración de la Administración.

#### **4.16 PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN**

El presupuesto para conocimiento de la Administración se resume tal y como se muestra en la *Tabla 9*.

|   |                    |
|---|--------------------|
| <b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>                  | <b>138.984,60€</b> |
| <b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>                     | <b>165.391,68€</b> |
| <b>PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN</b> | <b>200.123,93€</b> |

*Tabla 9. Presupuesto para conocimiento de la Administración. Fuente: autor*

Asciende el presupuesto para conocimiento de la Administración a la cantidad de DOSCIENTOS MIL CIENTO VEINTITRÉS EUROS con NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS (200.123,93€).

## 5 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El Real Decreto 1627/1997, del 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, dispone la obligatoriedad del estudio de seguridad y salud o del estudio básico de seguridad y salud en las obras.

El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio de Seguridad y Salud en los proyectos de obras en los que se de alguno de los siguientes supuestos:

- a) Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.759,08€ (75 millones de pesetas).
- b) Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- d) Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.

Debido a que la duración de la obra es de 40 días laborables, y el número de trabajadores se ha estimado alrededor de 20, siendo posible que intervengan más, se ha desarrollado el Estudio de Seguridad y Salud pertinente.

En dicho estudio se reflejan los riesgos laborales que puede producir cada actividad, así como sus medidas correctoras y preventivas.

El Presupuesto de Ejecución Material para el capítulo de Seguridad y Salud es de 18.909,35€, suponiendo un 13,61% del coste total de la obra.

## 6 CONTRATACIÓN DE LAS OBRAS

### 6.1 SISTEMA DE ADJUDICACIÓN

De acuerdo con la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas se recomienda la adjudicación mediante concurso público del Contrato de “Construcción de pasarela peatonal con ascensor entre la avenida Altos Hornos de Bizkaia y la calle Erreketa en el barrio Urban-Galindo (Barakaldo)”.

### 6.2 REVISIÓN DE PRECIOS

Para la revisión de precios se seguirá lo especificado en el Reglamento de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, Real Decreto 1359/2011, del 7 de octubre.

En el presente proyecto se proponen diferentes fórmulas para la revisión de precios de las distintas actuaciones:

- Obras metálicas

$$K_t = 0,28 \cdot \frac{H_t}{H_o} + 0,11 \cdot \frac{E_t}{E_o} + 0,07 \cdot \frac{C_t}{C_o} + 0,39 \cdot \frac{S_t}{S_o} + 0,15$$

- Obras de fábrica en general. Obras de hormigón armado

$$K_t = 0,34 \cdot \frac{H_t}{H_o} + 0,18 \cdot \frac{E_t}{E_o} + 0,18 \cdot \frac{C_t}{C_o} + 0,13 \cdot \frac{S_t}{S_o} + 0,02 \cdot \frac{M_t}{M_o} + 0,15$$

### 6.3 PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución de las obras proyectadas será de aproximadamente 40 días laborables o 60 días naturales, de acuerdo con el Plan de Obra efectuado, teniendo en cuenta una secuencia lógica de los trabajos.

### 6.4 PERÍODO DE GARANTÍA

El período de garantía de la obra será de 2 años, contando a partir de la fecha del Acta de Recepción de la misma.

## 7 PRESUPUESTO

| CAPÍTULO                          | RESUMEN                     | EUROS              | %     |
|-----------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------|
| 01                                | DEMOLICIONES .....          | 623,49             | 0,45  |
| 02                                | ACTUACIONES PREVIAS .....   | 1.310,20           | 0,94  |
| 03                                | MOVIMIENTO DE TIERRAS.....  | 6.771,21           | 4,87  |
| 04                                | CIMENTACIÓN.....            | 2.356,05           | 1,70  |
| 05                                | ESTRUCTURA METÁLICA .....   | 18.294,64          | 13,16 |
| 06                                | PAVIMENTOS Y ACABADOS ..... | 42.387,59          | 30,50 |
| 07                                | DRENAJE Y SANEAMIENTO ..... | 648,80             | 0,47  |
| 08                                | INSTALACIÓN ELÉCTRICA ..... | 44.372,73          | 31,93 |
| 09                                | MOBILIARIO URBANO .....     | 2.613,10           | 1,88  |
| 10                                | GESTIÓN DE RESIDUOS .....   | 697,44             | 0,50  |
| 11                                | SEGURIDAD Y SALUD .....     | 18.909,35          | 13,61 |
| <b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>   |                             | <b>138.984,60€</b> |       |
| 13,00% Gastos generales .....     |                             | 18.068,00€         |       |
| 6,00% Beneficio industrial.....   |                             | 8.339,08€          |       |
| SUMA DE G.G. y B.I.               |                             | 26.407,08€         |       |
| 21,00% I.V.A. ....                |                             | 34.732,25€         |       |
| <b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b> |                             | <b>200.123,93€</b> |       |
| <b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>  |                             | <b>200.123,93€</b> |       |

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de DOSCIENTOS MIL CIENTO VEINTITRÉS EUROS con NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS (200.123,93€).

## 8 BIBLIOGRAFÍA

### 8.1 PÁGINAS WEB CONSULTADAS

- Agencia Vasca de Meteorología: [www.euskalmet.euskadi.eus](http://www.euskalmet.euskadi.eus)
- Ayuntamiento de Barakaldo: [www.barakaldo.eus](http://www.barakaldo.eus)
- Boletín Oficial del Estado: [www.boe.es](http://www.boe.es)
- Código Técnico de la Edificación: [www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org)
- Diputación Foral de Bizkaia. Cartografía y Ortofotos: [www.apps.bizkaia.net/GRIT/](http://www.apps.bizkaia.net/GRIT/)
- Instituto Geográfico Nacional de España: [www.ign.es](http://www.ign.es)
- Instituto Vasco de Seguridad y Salud: [www.osalan.euskadi.eus](http://www.osalan.euskadi.eus)

### 8.2 NORMATIVA APLICADA

- INSTRUCCIÓN DE ACERO ESTRUCTURAL (EAE), aprobada por Real Decreto 751/2011, de 27 de mayo.
- INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL (EHE-08), aprobada por Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio.
- GUÍA DE APLICACIÓN DE LA NORMATIVA TÉCNICA VIGENTE EN MATERIA DE ACCESIBILIDAD EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO.
- INSTRUCCIÓN SOBRE LAS ACCIONES A CONSIDERAR EN EL PROYECTO DE PUENTES DE CARRETERA (IAP-11), aprobado por Orden FOM 2842/2011, de 29 de septiembre.
- INSTRUCCIÓN 5.2 IC DRENAJE SUPERFICIAL.
- MONOGRAFÍA DE MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR.
- REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO (G.T.E.E.I.A.P.).
- REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR, INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS EA-01 A EA-07 (R.E.E.I.A.E.).
- REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO DE BAJA TENSIÓN (R.E.B.T.).
- INSTRUCCIONES TÉCNICAS DE BAJA TENSIÓN ITC-BT.
- LEY DE EVALUACIÓN AMBIENTAL 21/2013, de 9 de diciembre.
- LEY DE CONTRATOS DEL SECTOR PÚBLICO 9/2017, de 8 de noviembre.

### **8.3 SOFTWARE**

Se ha hecho uso del siguiente software:

- Adobe Photoshop CS6
- AutoCAD 2017 Civil 3D
- Cype 2019.h
- DIALux EVO 8.2
- Microsoft Office 2013
- Presto 8.8
- SketchUp Pro

### **8.4 ORGANISMOS CONSULTADOS**

Excelentísimo Ayuntamiento de Barakaldo.



## 9 CONCLUSIÓN

Mediante lo expuesto en esta memoria y en el resto de documentos que componen el proyecto, se considera que el mismo está suficientemente justificado y preparado para su ejecución.

Barakaldo, febrero de 2020

POR EL AUTOR



Firmado: Eric López Villarragut

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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA  
**ANEXO 1. DOSSIER  
FOTOGRAFICO**

## ÍNDICE

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>        | <b>44</b> |
| <b>2 DOSSIER FOTOGRÁFICO .....</b> | <b>45</b> |

## 1 INTRODUCCIÓN

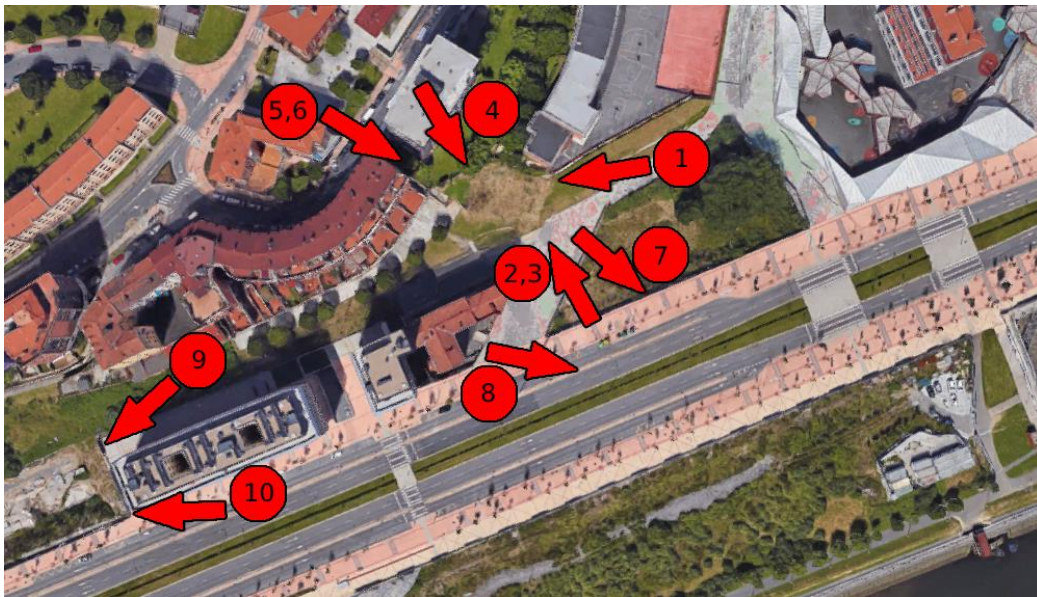
En el presente anexo se aporta un reportaje fotográfico de la zona de proyecto, con el fin de dar una idea general de las características físicas y de la situación actual de la misma.

## 2 DOSSIER FOTOGRÁFICO

Mediante las imágenes que se muestran a continuación se pretende ofrecer una visión global del estado actual del lugar donde se realizará la construcción de los accesos al ascensor y la pasarela peatonal.

Las fotografías han sido tomadas en dos visitas, una en abril de 2019 y otra en enero de 2020, lo que permite apreciar el avance de las obras y el crecimiento de la zona.

En las *Figura 1.1* y *1.2* se muestran vistas aéreas de la zona, donde se puede apreciar la ubicación exacta desde la que ha sido tomada cada fotografía.



*Figura 29.1. Ubicación de las fotografías. Fuente: autor*



*Figura 1.30. Vista aérea de la zona. Fuente: Google Maps*



Fotografía 1. Vista lateral del acceso inferior (enero 2020). Fuente: autor



Fotografía 2. Vista frontal del acceso inferior (enero 2020). Fuente: autor



Fotografía 3. Vista frontal del acceso inferior (enero 2020). Fuente: autor



Fotografía 4. Vista del acceso inferior desde la parte superior (enero 2020). Fuente: autor



Fotografía 5. Acceso superior (abril 2019). Fuente: autor



Fotografía 6. Acceso superior (abril 2020). Fuente: autor





Fotografía 7. Obras colindantes. Fase II Ibaibarria (abril 2019). Fuente: autor



Fotografía 8. Obras colindantes. Fase II Ibaibarria (enero 2020). Fuente: autor



Fotografía 9. Obras colindantes (abril 2019). Fuente: autor



Fotografía 10. Obras colindantes (enero 2020). Fuente: autor

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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA  
**ANEXO 2. ESTUDIO DE  
VIABILIDAD**

## ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 PROSPERIDAD DEL NUEVO BARRIO URBAN-GALINDO.....</b> | <b>53</b> |
| <b>2 DATOS DEMOGRÁFICOS.....</b>                         | <b>55</b> |
| <b>3 ESTUDIO EN LA ZONA DEL PROYECTO.....</b>            | <b>56</b> |

## 1 PROSPERIDAD DEL NUEVO BARRIO URBAN-GALINDO

El barrio de Urban-Galindo es una pieza clave de la “Operación Urban-Galindo” de Bilbao Ría 2000, cuyo objeto es revitalizar toda la zona que en el siglo pasado fue de uso industrial. Para esto, plantea una ampliación del casco urbano central de unas 60 Ha, incluyendo el área Lasesarre/Galindo Norte.

Dicha ampliación incorpora un programa de unas 2.800 nuevas viviendas, 35.000 m<sup>2</sup> para usos empresariales, otros 35.000 m<sup>2</sup> para locales comerciales en plantas bajas de edificios residenciales, y en torno a 44.000 m<sup>2</sup> destinados a la creación de un parque de ocio de carácter supramunicipal. Además, se destinarán unas 17,6 Ha a espacios libres y zonas verdes de carácter general y local.



Figura 2.31. Imagen final del desarrollo proyectado. Fuente: Bilbao Ría 2000

Actualmente, la zona Lasesarre/Galindo Norte, que se muestra en la Figura 2.1, se encuentra totalmente desarrollada, y los trabajos se están enfocando en la zona Galindo Este, concretamente, en la promoción Ibai Barria, que será usada como ejemplo en este apartado.

|          | COMIENZO | FINALIZACIÓN | VENDIDAS   | %VENDIDAS     |
|----------|----------|--------------|------------|---------------|
| FASE I   | 2015     | 2017         | 126        | 100%          |
| FASE II  | 2018     | 2020         | 125        | 99,2%         |
| FASE III | 2020     | -            | 61         | 48,4%         |
|          |          | <b>TOTAL</b> | <b>312</b> | <b>82,54%</b> |

Tabla 2.10. Ventas de la promoción Ibai Barria. Fuente: [www.ibaibarria.com](http://www.ibaibarria.com)

En la *Tabla 2.1* se puede observar que las ventas son bastante buenas, y se supondrá que seguirán el mismo ritmo para el resto del desarrollo residencial. Con esto, se asegura un crecimiento continuo del barrio, y del número de personas que residen en él.

Por tanto, vista la actual y futura afluencia de nuevos vecinos al barrio, se considera que el servicio proyectado, si bien ya es necesario, con el paso del tiempo se volverá aún más importante, garantizando una movilidad sencilla para todos estos vecinos.

## 2 DATOS DEMOGRÁFICOS

Otro factor importante para el estudio de la viabilidad del servicio proyectado es la afluencia de usuarios que tendrá.

Para ello, se ha realizado un estudio demográfico, construyendo la pirámide de población por edades del municipio de Barakaldo, con datos del año 2016.

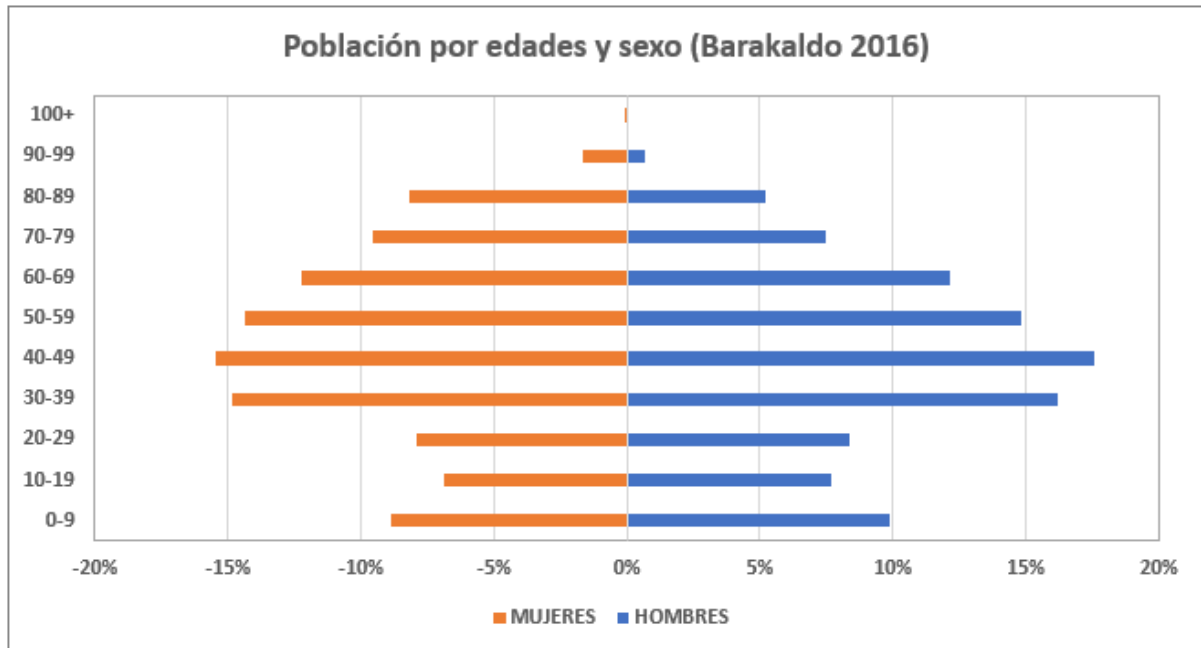


Figura 2.32. Población de Barakaldo por edades y sexo. Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

Se considerará que los grupos más propensos a utilizar el ascensor serán los niños menores de 5 años, los mayores de 65 años y un pequeño porcentaje del resto, como pueden ser padres con un carrito de bebé o personas con algún tipo de minusvalía.

Los datos arrojan un total de 4.683 niños menores de 5 años y 22.264 personas mayores de 65 años, que suponen un 4.7% y un 22.25% del total respectivamente.

Estos dos grupos, junto al pequeño porcentaje mencionado antes (se supondrá un 3%), suman alrededor de un 30% de personas susceptibles de utilizar el ascensor.

Por tanto, se ha determinado que aproximadamente 3 de cada 10 personas del municipio de Barakaldo podrían tener necesidad de usar el servicio proyectado.

### 3 ESTUDIO EN LA ZONA DEL PROYECTO

Como complemento del estudio demográfico, se ha realizado un estudio a pie de calle que muestre la necesidad de la implantación del servicio proyectado.

El estudio consiste en el conteo de peatones que transitan la avenida Altos Hornos de Bizkaia, y se ha realizado en dos días laborables, que han sido el martes 15 y el jueves 17 de octubre.

Se han elegido dos intervalos representativos del tráfico peatonal, uno de 8:00-9:00 de la mañana, y el otro de 17:30-18:30 de la tarde, ya que son momentos de mucho movimiento (entrada y salida del trabajo, colegio...).



Figura 2.33. Área de estudio. Fuente: Google Maps

En la *Tabla 2.2* se muestran los resultados del estudio:

| DÍA          | 8:00-8:30 | 8:30-9:00 | 17:30-18:00 | 18:00-18:30 | MEDIA HORARIA | MEDIA DIARIA |
|--------------|-----------|-----------|-------------|-------------|---------------|--------------|
| 15/10/19     | 59        | 65        | 58          | 69          | 126           | 1757         |
| 17/10/19     | 67        | 58        | 62          | 81          | 134           | 1876         |
| <b>TOTAL</b> |           |           |             |             | <b>130</b>    | <b>1817</b>  |

Tabla 2.11. Resultados del estudio. Fuente: Autor

A partir de los datos obtenidos en intervalos de media hora, se ha calculado la media horaria para los días 15 y 17 de octubre, siendo de 126 y 134 respectivamente, lo que resulta en una media de 130 peatones horarios.

Suponiendo un horario activo de 8:00 a 22:00, se ha calculado la media diaria correspondiente a esas 14 horas, que son unas 1817 personas.



Como se ha mostrado en el apartado anterior con el estudio demográfico, el colectivo de infantes y mayores de 65 años supone un 27% de la población de Barakaldo, que podemos redondear a un 30% si tenemos en cuenta el pequeño porcentaje de personas con problemas de movilidad o carritos de bebé.

Teniendo en cuenta ese 30% de la población, se obtiene un volumen diario de 545 usuarios.

A pesar de que 545 personas diarias no sea un volumen muy elevado, es suficiente para llevar a cabo la solución. Además, con las expectativas de crecimiento del barrio, este número crecerá rápidamente.

Con todos estos datos aportados, se establece el proyecto como viable.

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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA  
**ANEXO 3. GEOLOGÍA Y  
GEOTECNIA**

## ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>                              | <b>60</b> |
| <b>1.1 NOTA SOBRE EL ESTUDIO .....</b>                   | <b>60</b> |
| <b>2 GEOLOGÍA .....</b>                                  | <b>61</b> |
| <b>2.1 MARCO GEOLÓGICO.....</b>                          | <b>61</b> |
| <b>2.2 ESTRATIGRAFÍA.....</b>                            | <b>63</b> |
| <b>2.2.1 CRETÁCICO INFERIOR. COMPLEJO URGONIANO.....</b> | <b>63</b> |
| <b>2.2.2 CUATERNARIO.....</b>                            | <b>64</b> |
| <b>2.3 TECTÓNICA .....</b>                               | <b>64</b> |
| <b>2.4 HIDROGEOLOGÍA .....</b>                           | <b>65</b> |
| <b>2.4.1 NIVEL FREÁTICO .....</b>                        | <b>65</b> |
| <b>3 SISMICIDAD.....</b>                                 | <b>66</b> |
| <b>4 GEOTECNIA .....</b>                                 | <b>67</b> |
| <b>4.1 INTRODUCCIÓN .....</b>                            | <b>67</b> |
| <b>4.2 ACTUACIONES REALIZADAS .....</b>                  | <b>67</b> |
| <b>4.3 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA .....</b>              | <b>67</b> |
| <b>5 CONCLUSIONES .....</b>                              | <b>68</b> |

## 1 INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se expone el estudio geológico-geotécnico para el proyecto a realizar.

El objetivo es la caracterización geológica de los terrenos sobre los que se asentará la obra, para así determinar la tipología de cimentación a emplear.

Se hará referencia al marco geológico general, y más concretamente a la geología de la zona con la descripción de la litología y la estratigrafía, así como una breve descripción tectónica y geomorfológica de la zona.

### 1.1 NOTA SOBRE EL ESTUDIO

Ante la imposibilidad de conseguir un estudio geotécnico de la zona del proyecto en cuestión, se ha decidido utilizar el estudio informativo del tranvía urbano de Barakaldo, que cuenta con 3 sondeos realizados por INECO en el año 2011 a escasos 500 metros de la zona de obra, por lo que se podrán considerar representativos. Además de estos sondeos realizados exclusivamente para ese estudio, aporta otros de proyectos anteriores.

Para este proyecto se tendrán en cuenta los sondeos S-1 (INECO), SM-1 y SM2 (Realizados por Sener en 1998 para el estudio del cierre norte de la circunvalación de Barakaldo).

En la *Figura 3.1* se muestra la localización exacta de dichos sondeos.



*Figura 3.34. Sondeos S-1, SM-1 y SM-2. Fuente: Autor*

## 2 GEOLOGÍA

### 2.1 MARCO GEOLÓGICO

La zona objeto de estudio se sitúa en la parte norte de la península ibérica, y como se puede observar en la *Figura 3.2*, se corresponde con la cobertura meso-cenozoica de la cordillera pirenaica.

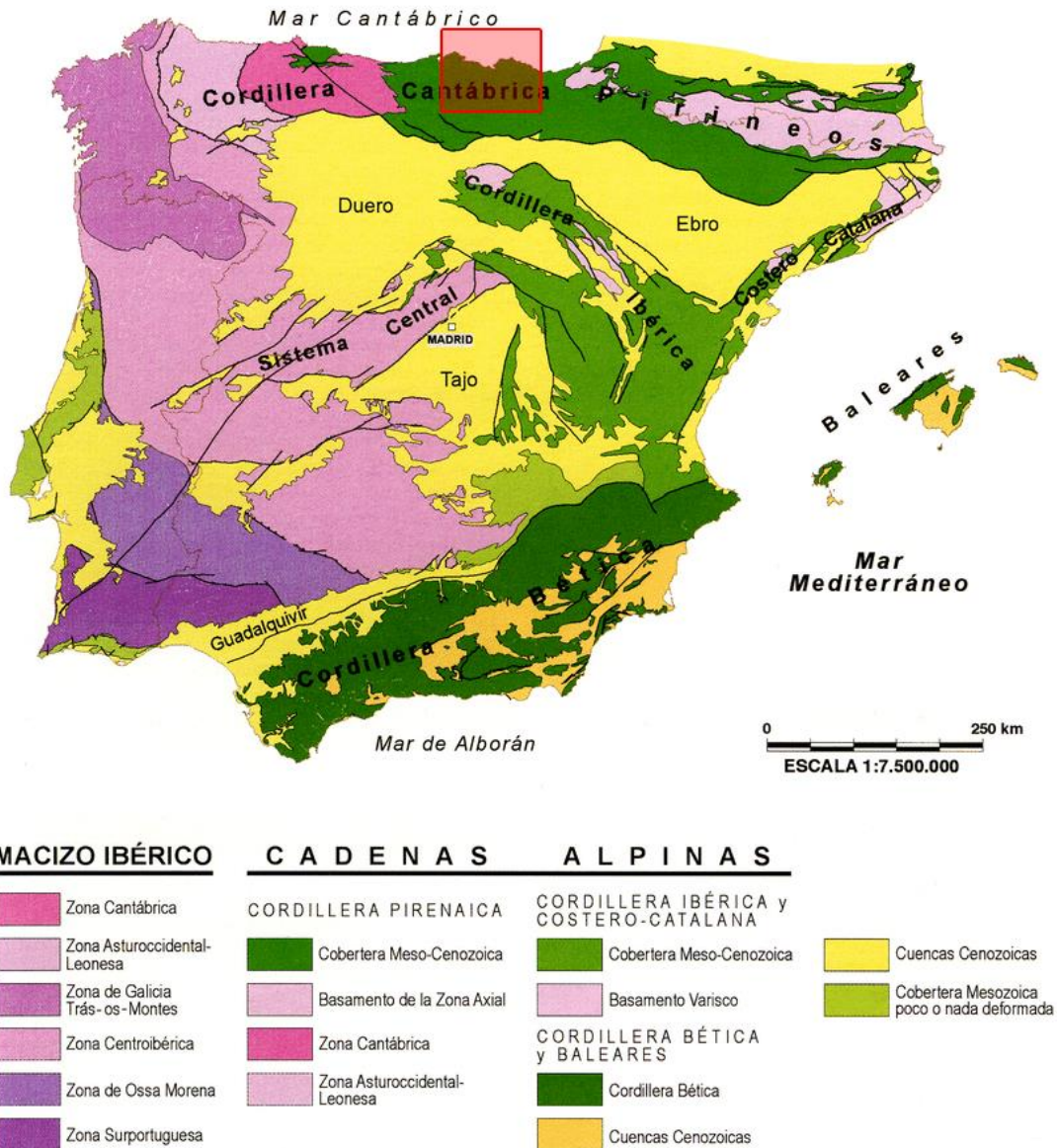
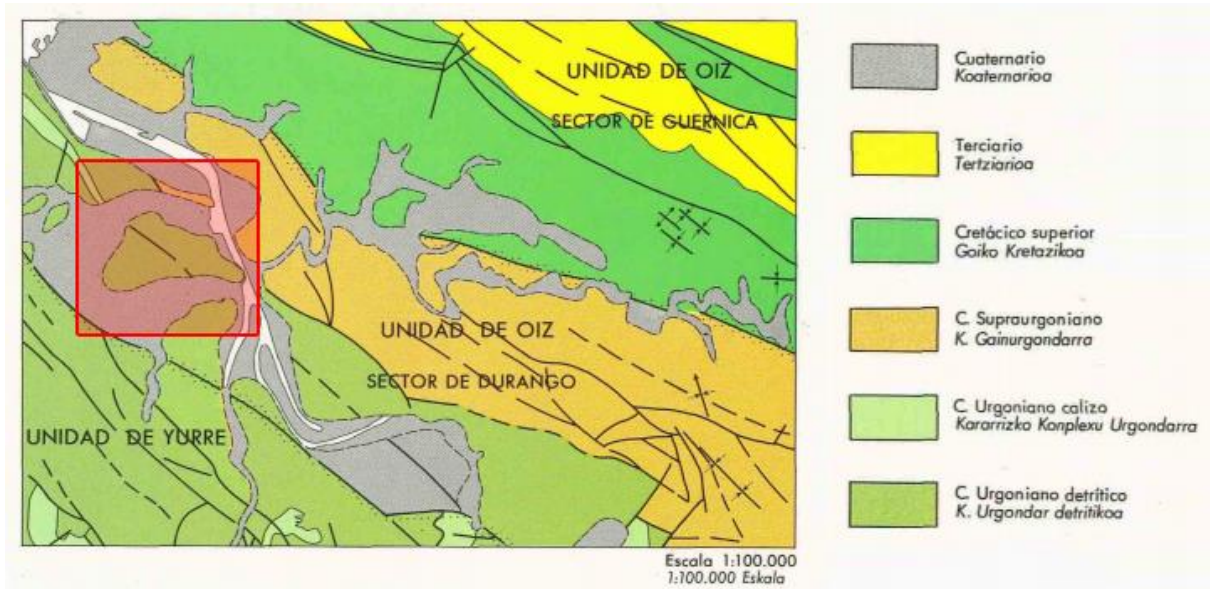


Figura 3.35. Principales unidades geológicas de la península ibérica. Fuente: Vera, J.A. (2004): *Geología de España*

Más concretamente, la región de estudio se encuentra en la Cuenca Vasco-Cantábrica, una gran cuenca sedimentaria marina generada a finales del período Jurásico sobre corteza continental hercínica. Fue rellenada fundamentalmente por sedimentos detríticos cretácicos durante ese período, y en menor medida, durante el Terciario.

Esta cuenca se formó a consecuencia del adelgazamiento de corteza continental durante tiempos finijurásicos debido a un proceso de rifting.

Tal y como muestra la *Figura 3.3*, la localidad de Barakaldo (señalada en el recuadro rojo) se sitúa dentro de la Unidad de Oiz, dentro del complejo urgoniano.



*Figura 3.36. Esquema geológico de la zona de Bilbao. Fuente: Ente Vasco de la Energía (EVE)*

Como se puede apreciar en la *Figura 3.4*, el subsuelo de Barakaldo se encuentra formado por un basamento de edad Cretácico Medio (Albiense Inferior) que está plegado conformando una estructura sinclinal, donde los materiales más jóvenes se encuentran en la parte central de la estructura, y los más modernos en los extremos. Todo ello forma parte del anticlinorio de Bilbao, con directrices NW-SE.

En la zona de proyecto, la unidad geológica predominante es la denominada como unidad 15 en el mapa: Margas y margocalizas (calcarenitas y parabrechas calcáreas).

En el resto de Barakaldo se pueden hallar otras unidades geológicas como la unidad 13, también del complejo urgoniano, que se corresponde con lutitas con pasadas areniscosas, o la unidad 43, fangos estuarinos de edad cuaternaria.

A continuación, se listan las unidades geológicas presentes en la zona del proyecto y sus alrededores, de más antiguo a más moderno:

- Unidad 13. Lutitas con pasadas areniscosas. Complejo urgoniano.
- Unidad 15. Margas y margocalizas (calcarenitas y parabrechas calcáreas). Complejo urgoniano.
- Unidad 43: Fangos estuarinos. Cuaternario.

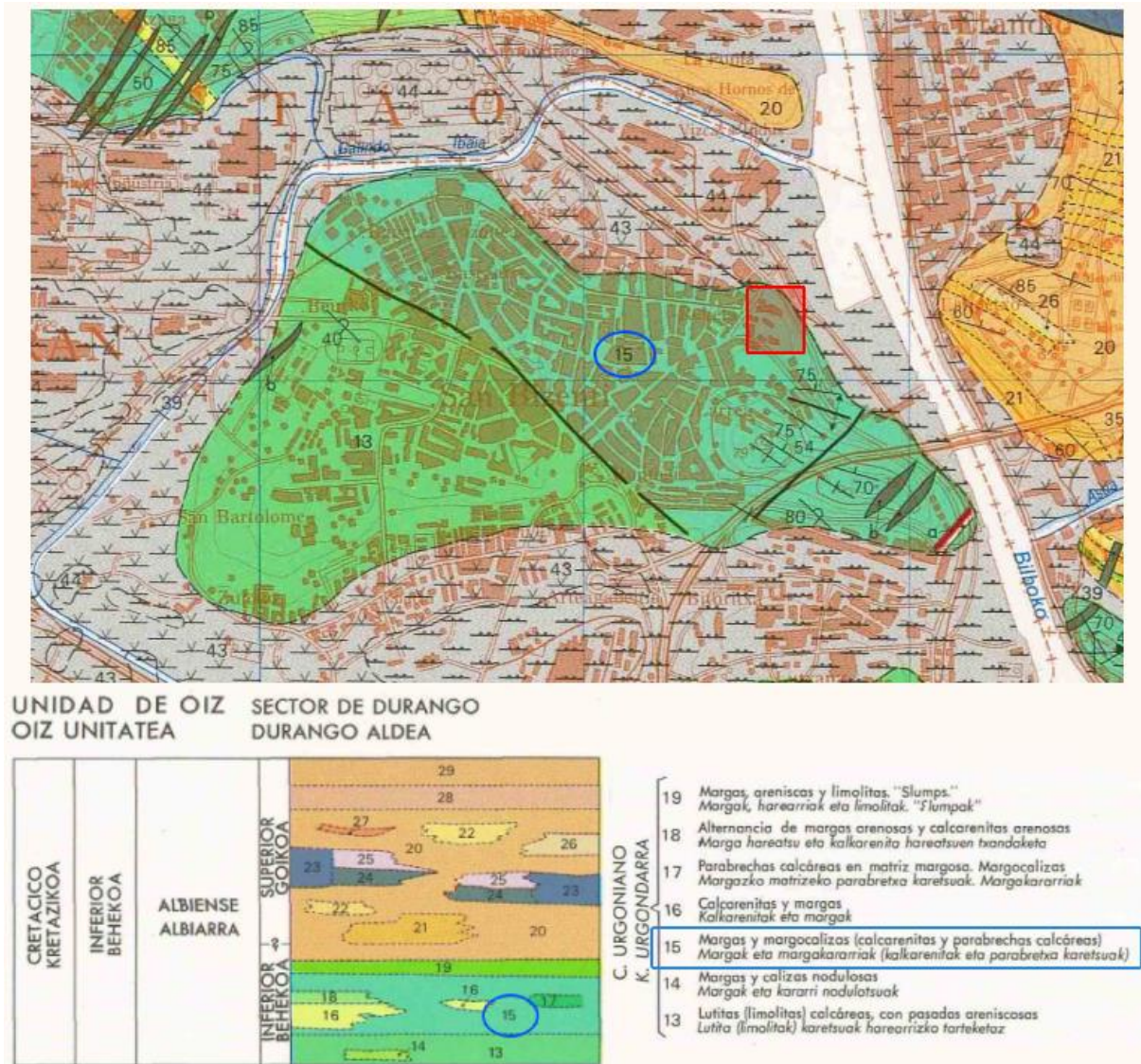


Figura 3.37. Cartografía geológica del País Vasco. Detalle de Barakaldo. Fuente: Ente Vasco de la Energía (EVE)

## 2.2 ESTRATIGRAFÍA

Desde el punto de vista estratigráfico, la zona se encuentra dentro del complejo urgoniano (Aptiense-Albiense). Los materiales aflorantes son del Cretácico inferior, y se estructuran concordantes con las estructuras regionales más importantes de la Cuenca Vasco-Cantábrica.

### 2.2.1 CRETÁCICO INFERIOR. COMPLEJO URGONIANO

Cabe destacar que en los sondeos aportados no se han identificado materiales asignados a la unidad 15, sólo se han encontrado los descritos como unidad 13, es decir, lutitas con pasadas areniscosas.

### **2.2.1.1 LUTITAS (LIMOLITAS) CON PASADAS ARENISCOSAS (UNIDAD 13)**

Aparecen fundamentalmente limolitas, y en menor medida argilitas calcáreas. Son de color gris, con tonalidades oscuras. Tienen intercalaciones de areniscas con tamaño de grano bien seleccionado, compuestas por horizontes milimétricos a centimétricos que definen la estratificación, que está bien marcada a pesar de la casi inexistencia de micas.

Las areniscas son de grano fino a medio, y generalmente no carbonatadas.

### **2.2.1.2 MARGAS, MARGOCALIZAS (CALCARENITAS Y PARABRECHAS CALCÁREAS)**

Como se ha dicho anteriormente, no han sido detectadas en los sondeos realizados, pero su aparición se considera previsible, ya que en la zona de proyecto constituyen la unidad geológica predominante.

Son de origen marino en plataforma carbonatada somera, cuyo origen se asocia a la compartimentación de las plataformas carbonatadas urgonianas durante el Albiense y el Aptiense.

En la zona considerada pueden aparecer como margas grises azuladas, presentando en ocasiones nódulos calizos irregulares, y estratificadas en bancos decimétricos. En la base presentan tonos más oscuros e intercalan niveles de areniscas calcáreas rojizas.

## **2.2.2 CUATERNARIO**

### **2.2.2.1 FANGOS ESTUARINOS**

Se han podido apreciar en los sondeos y en la cartografía del EVE. Son materiales sedimentados en los estuarios que se formaron como consecuencia del avance transgresivo holoceno.

En los sondeos perforados se han descrito como fangos estuarinos de tamaño limo o arcilla, con contenidos variables en arena. Suelen ser de consistencia floja, saturados en agua y con restos de materia orgánica.

## **2.3 TECTÓNICA**

El País Vasco se encuentra casi en su totalidad situado en la cordillera vascoantabárica, que representa la terminación occidental de los Pirineos.

La Unidad de Oiz, a la que pertenece la zona de proyecto, presenta tres fases de deformación debidas a los efectos de la orogenia alpina. La fase más importante, denominada como Fase I, es la responsable de casi todas las estructuras reconocibles a escala regional, siendo predominante la dirección noroeste-sureste, de N120° a N130°E.

La zona de proyecto en concreto no presenta ningún plegamiento o falla que pudieran afectar a la estructura a realizar.



## 2.4 HIDROGEOLOGÍA

### 2.4.1 NIVEL FREÁTICO

En el proceso de realización de los sondeos, INECO recogió en sucesivas fechas datos acerca de la posición del nivel freático. Para ello, se colocó una tubería piezométrica ranurada de diámetro 76 milímetros, protegiendo su acceso mediante una arqueta metálica para evitar un arranque accidental.

Las medidas tomadas en el sondeo S-1 se muestran en la *Tabla 3.1*.

| LECTURAS N.F BARAKALDO (INECO, 2011) |        |         |         |         |         |         |         |         |        |
|--------------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| -                                    | 8/7/11 | 11/7/11 | 12/7/11 | 13/7/11 | 14/7/11 | 15/7/11 | 18/7/11 | 26/7/11 | 4/8/11 |
| S-1                                  | 4.45 m | 4.50 m  | 5.65 m  | -       | -       | -       | -       | 5.65 m  | -      |

*Tabla 3.12. Lecturas de la cota del nivel freático en el sondeo S-1. Fuente: INECO*

La medición señalada en el recuadro amarillo fue realizada una vez finalizado y achicado el sondeo, mientras que las restantes se realizaron durante la perforación.

La cota absoluta del nivel del agua está muy próxima al nivel medio del mar, como era de esperar al ser un sondeo muy cercano a este. En la *Tabla 3.2* se muestra la posición del nivel freático en cota absoluta.

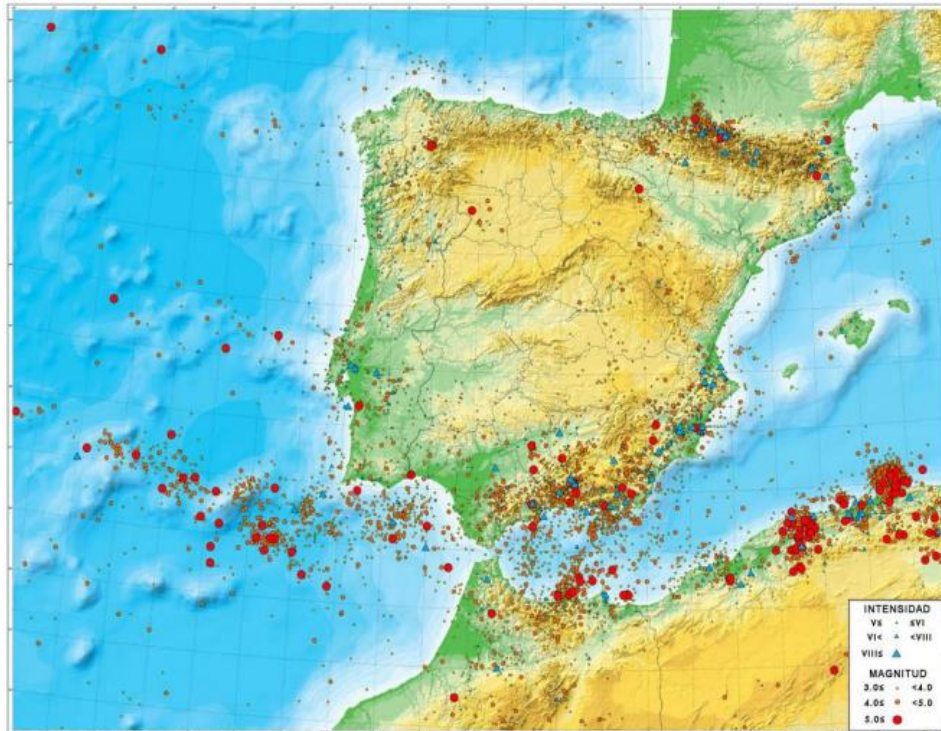
| POSICIÓN ABSOLUTA NIVEL FREÁTICO |                                |                                  |
|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
|                                  | Profundidad nivel estabilizado | Cota absoluta nivel estabilizado |
| S-1                              | -5.65 m                        | +0.35 m.s.n.m                    |

*Tabla 3.13. Posición absoluta del nivel freático. Fuente: INECO*

### 3 SISMICIDAD

A continuación, se establecerá una aceleración sísmica de cálculo para tener en cuenta en los cálculos estructurales.

Cabe destacar que la actividad sísmica en el País Vasco resulta escasa, caracterizándose por una casi inexistente ocurrencia de terremotos, lo que queda claramente representado en la *Figura 3.5*.



*Figura 3.38. Mapa general de sismicidad de la Península Ibérica. Fuente: Instituto Geográfico Nacional (2003)*

De acuerdo con el mapa, la zona estudiada se localiza en una zona de intensidad baja en la que la aceleración sísmica es inferior a 0,04g, por lo que no será necesario considerar las acciones sísmicas sobre las estructuras proyectadas.

## 4 GEOTECNIA

### 4.1 INTRODUCCIÓN

El trabajo de campo consiste en la realización de varios sondeos mecánicos, cuya localización se puede observar en la *Figura 3.1* al comienzo del presente anexo.

### 4.2 ACTUACIONES REALIZADAS

Para la realización del estudio geotécnico han tenido lugar dos actuaciones diferentes:

- Sondeos mecánicos a rotación: perforaciones de entre 65 y 130 mm. de diámetro cuyo objeto es obtener la estratigrafía del terreno perforado.
- Ensayos de penetración dinámica: consiste en la introducción de un elemento de forma cónica, que indica la resistencia del terreno en función del número de golpes necesarios para penetrarlo.

### 4.3 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

En la *Tabla 3.3* se muestran los parámetros geotécnicos obtenidos a través de los trabajos de campo.

| PARÁMETROS GEOTÉCNICOS |                                 |                       |                                 |                               |                        |                    |            |           |
|------------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------|------------|-----------|
| Unidad geotécnica      | Tipo                            | Densidad aparente     | Resistencia a compresión simple | Ángulo de rozamiento efectivo | Módulo de deformación  | Cotas de aparición |            |           |
|                        |                                 |                       |                                 |                               |                        | S-1                | SM-1       | SM-2      |
| UG-1                   | GM-SM                           | 1.97 t/m <sup>3</sup> | Nula                            | 31°                           | 233 kg/cm <sup>2</sup> | 0-3 m              | 0-2.5 m    | 0-2.8 m   |
| UG-2                   | ML-CL                           | 1.76 t/m <sup>3</sup> | 33 kPa                          | 25°                           | 111 kg/cm <sup>2</sup> | 3-6 m              | 2.5-4.9 m  | 2.8-5.1 m |
| UG-3<br>GM V           | Limos con estructura (GM V)     | 2.04 t/m <sup>3</sup> | 350 kPa                         | 27°                           | 700 kg/cm <sup>2</sup> | 6-10.3 m           | 4.9-8.1 m  | 5.1-8m    |
| UG III<br>GM IV        | Lutitas alto grado fracturación | 2.38 t/m <sup>3</sup> | 6.2 MPa                         | 16°                           | 405 MPa                | 10.3-16.7 m        | 8.1-14.3 m | 8-16.2 m  |
| UG-3<br>GM III         | Lutitas bajo grado fracturación | 2.57 t/m <sup>3</sup> | 10.0 Mpa                        | 27°                           | 3162 MPa               | 16.7 m -           | 14.3 m -   | 16.2 m -  |

*Tabla 3.14. Parámetros geotécnicos del terreno. Fuente: Estudio Informativo del Tranvía Urbano de Barakaldo*

## 5 CONCLUSIONES

La geología de Barakaldo está conformada por un basamento de edad Cretácico Medio. Por encima, se sitúan sedimentos limosos estuarinos de edad cuaternaria, vinculados a la dinámica fluvial con influencia marina mareal de la ría de Bilbao. Por último, se han identificado recubrimientos de depósitos de relleno antrópicos vinculados a actividades humanas.

Las unidades geológicas presentes, de más antigua a más moderna, son:

- Lutitas con pasadas areniscosas. Complejo urgoniano.
- Margas, margocalizas y calcarenitas de grano fino. Complejo urgoniano.
- Fangos estuarinos. Cuaternario.
- Rellenos antrópicos. Cuaternario.

La zona estudiada se localiza en una zona de intensidad baja en la que la aceleración sísmica es inferior a 0,04g, por lo que el riesgo sísmico es nulo.

Por último, la resistencia media del terreno es de aproximadamente 3 kg/cm<sup>2</sup>. Por tanto, no será necesaria una gran profundidad para la colocación de la cimentación.

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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA

**ANEXO 4. CLIMATOLOGÍA,  
HIDROLOGÍA Y DRENAJE**

## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>   | <b>71</b> |
| <b>1.1 NORMATIVA APLICADA .....</b>   | <b>71</b> |
| <b>2 CLIMATOLOGÍA .....</b>   | <b>72</b> |
| <b>2.1 TEMPERATURAS.....</b>  | <b>73</b> |
| <b>2.2 PRECIPITACIONES.....</b>   | <b>74</b> |
| <b>2.2.1 SEQUÍAS.....</b>   | <b>76</b> |
| <b>2.2.2 LLUVIAS TORRENCIALES .....</b>   | <b>76</b> |
| <b>2.3 VIENTO .....</b>   | <b>77</b> |
| <b>2.4 NIEVE.....</b>   | <b>78</b> |
| <b>2.5 GRANIZO .....</b>  | <b>79</b> |
| <b>3 HIDROLOGÍA .....</b>   | <b>80</b> |
| <b>3.1 CONSIDERACIONES GENERALES Y CRITERIOS BÁSICOS .....</b>                                | <b>80</b> |
| <b>3.1.1 OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.....</b>   | <b>80</b> |
| <b>3.1.2 CRITERIOS BÁSICOS .....</b>  | <b>80</b> |
| <b>3.2 PERÍODO DE RETORNO Y CAUDAL DE PROYECTO .....</b>                                      | <b>81</b> |
| <b>3.3 CÁLCULO DEL CAUDAL DE PROYECTO .....</b>   | <b>81</b> |
| <b>3.3.1 MÉTODO RACIONAL .....</b>  | <b>81</b> |
| <b>3.3.2 INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN .....</b>  | <b>82</b> |
| <b>3.3.3 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....</b>  | <b>89</b> |
| <b>3.3.4 ÁREA DE LA PLATAFORMA .....</b>  | <b>89</b> |
| <b>3.3.5 COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN .....</b> | <b>89</b> |
| <b>3.3.6 RESUMEN Y CÁLCULO DEL CAUDAL DE PROYECTO .....</b>                                   | <b>89</b> |
| <b>4 DRENAJE .....</b>  | <b>90</b> |
| <b>4.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE.....</b>  | <b>90</b> |
| <b>4.2 INTENSIDAD PLUVIOMÉTRICA Y FACTOR DE CORRECCIÓN.....</b>                               | <b>90</b> |
| <b>4.3 DIMENSIONAMIENTO DE LOS CANALONES .....</b>  | <b>91</b> |
| <b>4.4 DIMENSIONAMIENTO DE LAS BAJANTES .....</b>   | <b>92</b> |
| <b>4.5 SOLUCIÓN ADOPTADA .....</b>  | <b>92</b> |

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente anexo se divide en tres partes con distintos objetivos.

- A. Climatología. Su objetivo es detallar las características climáticas de la zona que pueden tener influencia en el desarrollo de la obra o condicionar su diseño.
- B. Hidrología. Partiendo del apartado anterior, se analizará el régimen de precipitaciones y su transformación en escorrentía para obtener los caudales generados por las mismas.
- C. Drenaje. En función de los resultados obtenidos en los apartados anteriores, se describirán y justificarán los elementos de drenaje necesarios para la evacuación del agua sobre la estructura.

### 1.1 NORMATIVA APLICADA

Para la elaboración de este anexo se han empleado la “Instrucción 5.2 IC Drenaje superficial” y el documento del Ministerio de Fomento “Máximas lluvias diarias en la España peninsular”.

## 2 CLIMATOLOGÍA

El País Vasco no forma una región climática homogénea. Principalmente, se pueden distinguir tres zonas:

- La vertiente atlántica al norte.
- La Euskal Herria media en el centro.
- El extremo sur, entrando en la depresión del Ebro y Rioja Alavesa/Arabako Errioxa.

El presente proyecto está ubicado en el municipio de Barakaldo, dentro de la provincia de Bizkaia, pudiendo situarlo en la vertiente atlántica.



Figura 4.39. Zonas climáticas del País Vasco. Fuente: Agencia Vasca de Meteorología

### LA VERTIENTE ATLÁNTICA

La vertiente atlántica comprende la totalidad de las provincias de Bizkaia, de Gipuzkoa y de Euskadi Continental y el norte de la de Álava/Araba. Presenta un tipo de clima mesotérmico, moderado en cuanto a las temperaturas, y muy lluvioso. Se denomina clima templado húmedo sin estación seca, o clima atlántico. En este clima el océano Atlántico ejerce una influencia notoria.

Las masas de aire, cuyas temperaturas se han suavizado al contacto con las templadas aguas oceánicas, llegan a la costa y hacen que las oscilaciones térmicas entre la noche y el día, o entre el verano y el invierno, sean poco acusadas.

El factor orográfico explica la gran cantidad de lluvias de toda la vertiente atlántica del País Vasco, entre 1.200 y más de 2.000mm de precipitación media anual.

En cuanto a las temperaturas, es de destacar una cierta moderación, que se expresa fundamentalmente en la suavidad de los inviernos. De esta forma, a pesar de que los veranos son también suaves, las temperaturas medias anuales registran en la costa los valores más altos de Euskal Herria, unos 14°C. Aunque los veranos sean frescos, son posibles, sin embargo, episodios cortos de fuerte calor, con subidas de temperatura de hasta 40°C.



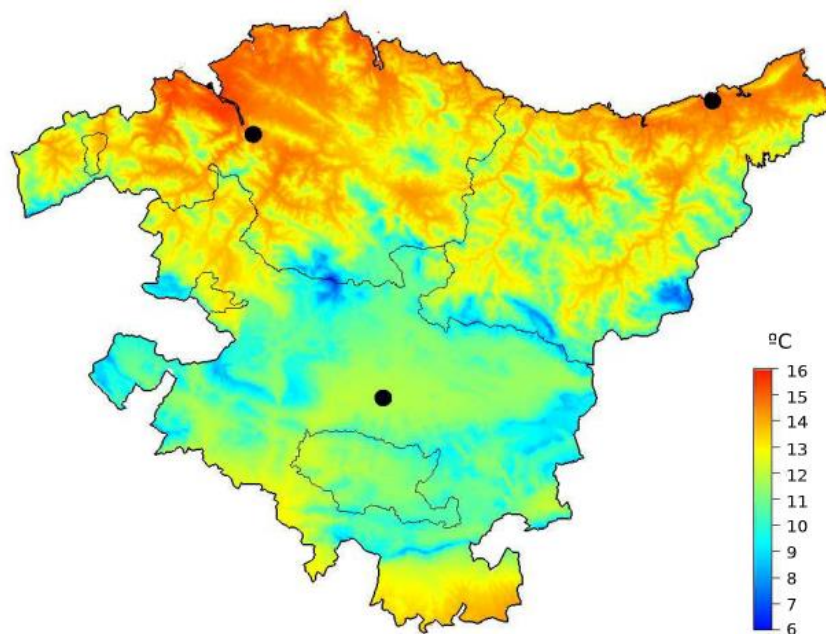
## 2.1 TEMPERATURAS

Las oscilaciones de las temperaturas medias mensuales son bastante importantes y significativas.

En la costa, las diferencias entre los meses más cálidos y los más fríos son de tan sólo unos 11°C o 12°C aproximadamente, mientras que en el interior aumentan sensiblemente, hasta llegar a ser de unos 17°C o 18°C.

Barakaldo se encuentra en la franja norteña del País Vasco, que pertenece al clima templado cálido. Al encontrarse a unos 15 km del mar, este actúa como un termostato que reduce las oscilaciones de temperatura mencionadas.

Como se puede observar en la *Figura 4.2*, la temperatura media anual en Barakaldo es de unos 15°C.



*Figura 4.40. Temperatura media anual (2018). Fuente: Agencia Vasca de Meteorología.*

Las temperaturas mínimas medias se alcanzan en todo el territorio en Enero. Es de destacar que en la costa son relativamente altas, entre los 4º C y 5º C. Tienen relación con ellas las heladas, fenómeno que se produce cuando la temperatura del aire (normalmente a nivel del suelo) baja por debajo de 0º C. Se producen con mayor facilidad cuando el cielo se halla despejado, puesto que entonces la tierra pierde más calor por irradiación que por convección.

En la *Figura 4.3* se muestra un gráfico con las temperaturas medias por meses y días de helada con los datos recogidos por la estación de la Arboleda (la más cercana a Barakaldo). Estos datos arrojan una temperatura media para la zona de 13,4 ºC.

Además, se puede observar que las heladas no son un fenómeno importante, dándose un número inferior a 10 al año.

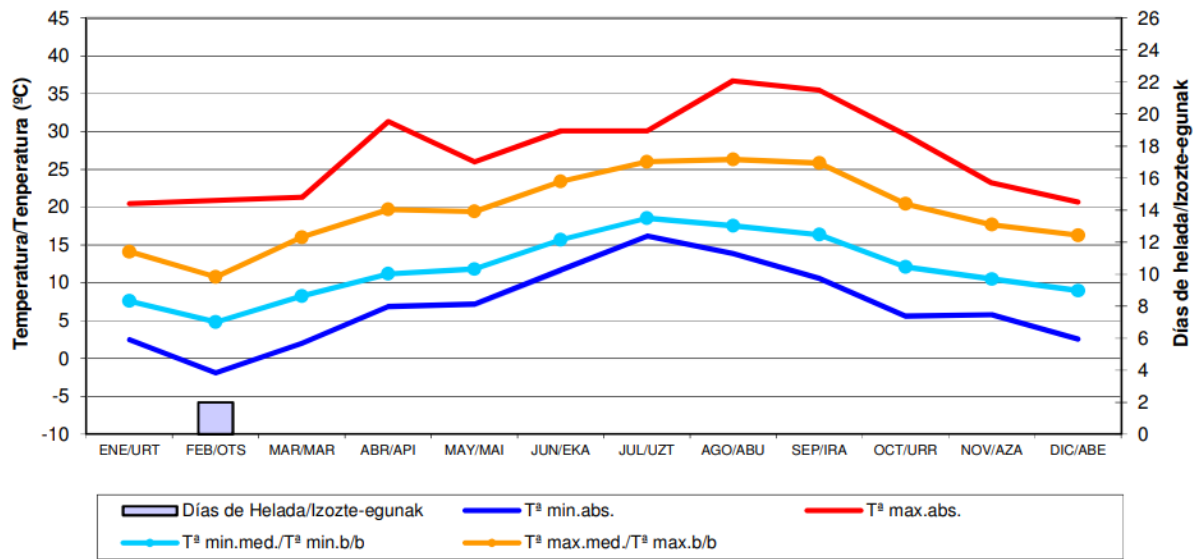


Figura 4.41. Temperaturas medias y días de helada. Estación de Galindo (2018). Fuente: Agencia Vasca de Meteorología.

## 2.2 PRECIPITACIONES

La importante pluviosidad y la fuerte intensidad de las precipitaciones en toda la comunidad autónoma vasca se explica fundamentalmente por el factor orográfico. La orientación Oeste-Este de las sierras y el hecho de que las montañas vascas sean más bajas que las montañas de la Cordillera Cantábrica al oeste y las de los Pirineos al este, unida al efecto de succión de aire producido por la región ciclogénica del Mediterráneo occidental, es causa de que con frecuencia el flujo general del oeste se tuerza hacia la cuenca mediterránea, a través de todo el País Vasco.

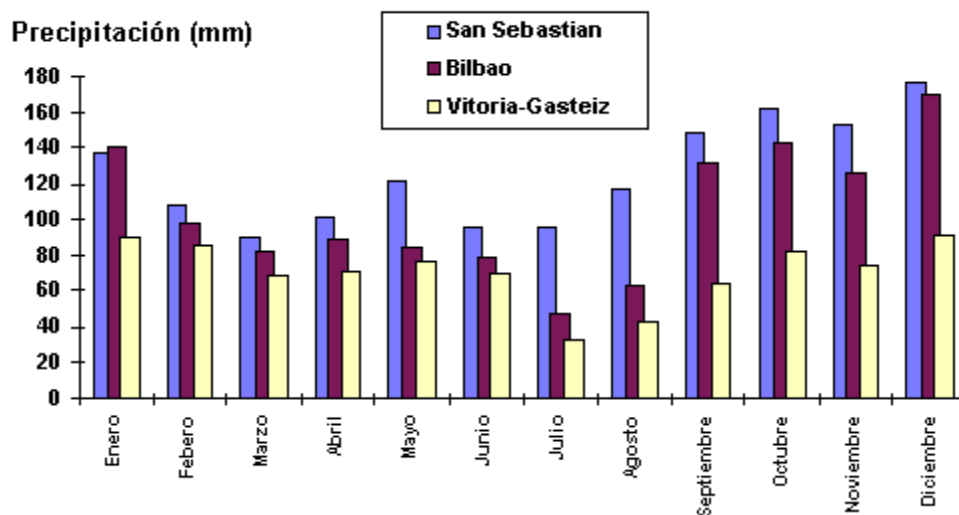


Figura 4.4. Precipitaciones mensuales en las capitales de provincia del País Vasco (2018). Fuente: Agencia Vasca de Meteorología

La mayor o menor pluviosidad de este clima viene definido no sólo por la cuantía de las precipitaciones sino también por su duración, produciéndose períodos de ausencia de éstas, sequías, y fenómenos extraños como lluvias torrenciales, siendo el tipo de precipitación más común el sirimiri. El tiempo en que está lloviendo tiene en muchos casos mayor relevancia que la cantidad de lluvia caída.

Los vientos del cuadrante NW-N-NE traen la lluvia, y por efecto del estancamiento contra los cerros y valles, aparecen lluvias cuantiosas, persistentes y frecuentes, registrándose en 2018 unos 190 días con precipitación en la zona del proyecto, como se puede observar en la *Figura 4.5*.

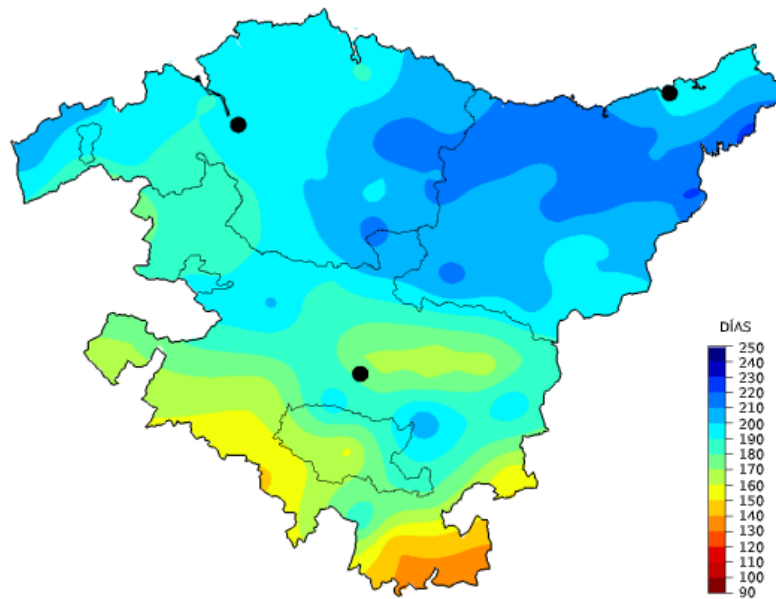


Figura 4.5. Días de precipitación (2018). Fuente: Agencia Vasca de Meteorología.

Además, se pueden observar los datos recogidos por la estación de la Arboleda en la *Figura 4.6*. Estos datos arrojan un alto régimen de lluvias, alcanzando los 1378 mm anuales.

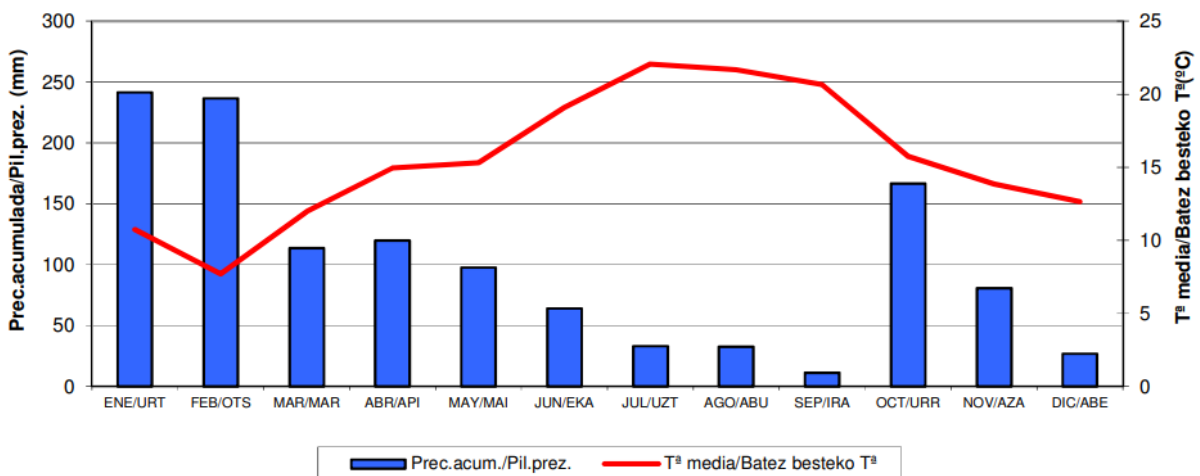


Figura 4.6. Precipitaciones acumuladas y temperatura media por meses. Estación de Galindo (2018). Fuente: Agencia Vasca de Meteorología.

### 2.2.1 SEQUÍAS

Recientemente, los habitantes del País Vasco se alarmaron con una sequía ocurrida en los años 1989 y 1990, pero que ya venía fraguándose desde dos años antes. Las precipitaciones descendieron en un 35%. En realidad, el campo se vio mínimamente afectado, e incluso la producción total agrícola fue excelente.

Sin embargo, las capitales vascas sufrieron importantes restricciones de agua. La más perjudicada fue la más poblada, Bilbao, cuyos habitantes padecieron durante un año cortes de agua. Los pantanos del Zadorra, que desde la vecina Álava/Araba abastecen en gran medida a la capital vizcaína, bajaron su nivel alarmantemente, ya que en la zona las precipitaciones también fueron escasas.

Además, las temperaturas fueron muy elevadas, sobre todo en 1989, y la evaporación, con ayuda de los vientos del sur, contribuyó a casi desecar los pantanos.

### 2.2.2 LLUVIAS TORRENCIALES

Más frecuentes y con mayor importancia económica que las sequías son los fenómenos de lluvias torrenciales que en toda la vertiente cantábrica de Euskal Herria provocan costosas y graves inundaciones. En Bilbao, desde sus principios, los llamados "aguaduchos" del Nervión/Nerbioi han venido a lo largo de los siglos causando periódicamente enormes destrozos a la villa. También en Gipuzkoa, tras períodos de lluvias torrenciales, las inundaciones han ocasionado pérdidas en viviendas, en campos y en caminos.

La inundación más importante de los últimos tiempos ocurrió en los últimos días de Agosto de 1983, especialmente los días 26 y 27, y afectó particularmente a Bizkaia, y en menor medida a Gipuzkoa.

La zona de mayores lluvias se localizó en la ría bilbaína. Tres fueron los factores que se conjugaron para ocasionar estas lluvias torrenciales:

- Llegada en altura de la primera colada postestival de aire frío polar.
- Elevadas temperaturas superficiales de las aguas de la costa vasca, que produjeron una masa superficial cálida y húmeda muy inestable.
- Ligeros vientos del norte que al enfrentarse a los relieves desencadenaron las ascendencias y dispararon la inestabilidad.

Los fenómenos como las lluvias torrenciales o las sequías, a pesar de poder causar daños catastróficos, suceden rara vez.

En Barakaldo, la media de precipitación anual ronda los 1000-1250 mm, como se puede observar en la *Figura 4.7*.

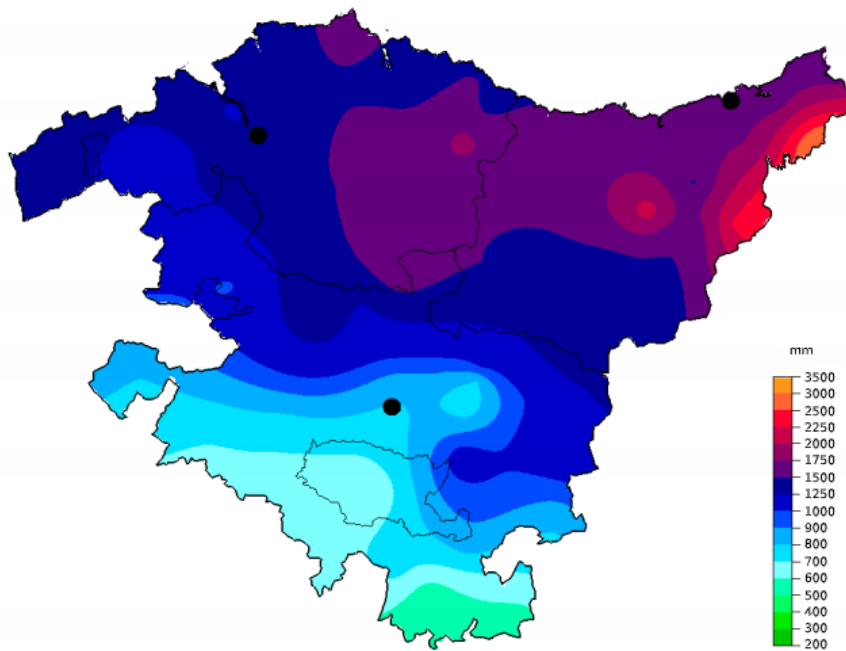


Figura 4.7. Precipitación acumulada anual (2018). Fuente: Agencia Vasca de Meteorología.

## 2.3 VIENTO

La provincia de Bizkaia es recorrida por vientos generales del oeste. Pero a diferencia de los alisios, que soplan de forma bastante regular, los vientos del oeste describen amplios meandros, de tal forma que corrientes de aire del sur o del norte, e incluso contracorrientes del este, pueden afectar temporalmente a regiones de las latitudes medias.

En invierno, cuando la corriente en chorro, el "jet stream", circula por latitudes bastante bajas, entre los 30 y 40 grados, nos vemos muy afectados por la circulación del oeste y por las borrascas y sus frentes nubosos. En otoño y primavera, cuando este flujo de aire pierde fuerza y se hace más ondulado, el tiempo se hace por lo general más cambiante, con semanas en las que dominan las corrientes cálidas del sur, seguidas por otras en las que soplan húmedos y frescos vientos del norte.

En verano, el flujo general de vientos del oeste se aleja hacia el norte y se debilita. Entonces, todo el sur de Europa es afectado con frecuencia por la calma y el buen tiempo producido por el anticiclón de las Azores, que se extiende hacia el noroeste. Muchos días, al situarse Euskal Herria en el lado oriental del anticiclón los vientos veraniegos predominantes son del norte y se refuerzan las brisas diurnas.

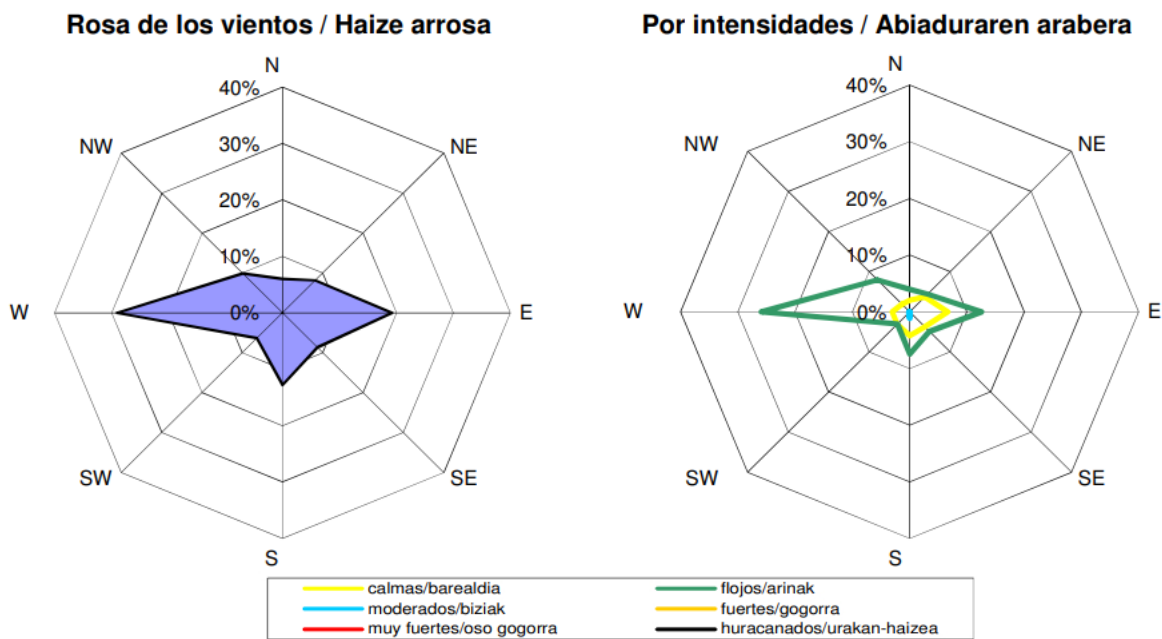
Los vientos moderados escasean y, sin embargo, son relativamente frecuentes los vientos muy fuertes y atemporalados, que son los que suben el nivel de la velocidad media. Así, estos vientos, superiores a los 50 km/h se alcanzan con una frecuencia de casi el 4%, superior al de casi todas las estaciones europeas de clima oceánico. Los vientos en invierno, tanto del sector norte como del sector sur, son mucho más fuertes que los del verano.

El viento sur es el viento más veloz: 22.1km/h de velocidad media. y puede ocasionar destrozos importantes en tejados, invernaderos, plantas y árboles, cuando, con relativa frecuencia, sopla atemporalado.

En el resto de los observatorios considerados la velocidad media anual del viento es bastante menor. Oscila entre los 10km/h y los 13km/h.

Tienen importancia las galernas, que son vientos típicos que afectan especialmente a la costa sudeste del Cantábrico y que a veces se confunden, sin serlo, con los típicos temporales del noroeste que afectan a toda la costa cantábrica. Las galernas son esencialmente entradas súbitas de aire marino con ráfagas de fuerza 8 y 9, entre 60 y 85km/h. Aparecen repentinamente, la visibilidad desciende rápidamente por debajo de los 1.000 metros y se adentran en tierra estratos bajos.

En cuanto a la zona del proyecto, en la *Figura 4.8* se muestran los datos recogidos por la estación de la Arboleda. Muestran una velocidad media del viento de 11,5 km/h y una dirección dominante oeste.



*Figura 42.8. Direcciones del viento e intensidades de este. Estación de Galindo (2018). Fuente: Agencia Vasca de Meteorología.*

## 2.4 NIEVE

La tabla de innivación del País Vasco señala que al nivel del mar y en la costa, el meteoro de la nieve es un fenómeno raro. En las montañas durante la temporada de nieves puede haber días con precipitación de nieve durante el mes de Octubre, si bien no son abundantes. Las últimas fechas con nevadas pueden darse incluso en el mes de Mayo, en los casos en los que alguna profunda borrasca que avanza con trayectoria meridiana llega desde latitudes polares.

Las nevadas más importantes se suelen producir con flujos del norte húmedos y fríos que van rolando al nordeste, haciéndose más fríos, pero, al final, demasiado secos para producir

precipitación. En el mapa de isobaras suele aparecer un anticiclón de forma alargada cerca de la costa europea y una depresión que llega al Mediterráneo occidental desde Escandinavia después de haber recorrido de norte a sur el continente.

## 2.5 GRANIZO

El granizo es un fenómeno más frecuente en los observatorios de la costa que en los del interior. En la costa se suelen superar los 5 días de granizo al año, pero en el interior apenas se supera una media anual de 3 días.

Ahora bien, así como en la costa el granizo es más frecuente en invierno, en el interior es más frecuente en verano. Esto es así debido a que las ascendencias bruscas que producen el granizo se disparan en la costa debido al relieve y a la inestabilidad que adquieren las masas de aire polares, cuando sus capas más superficiales, en contacto con el agua, se calientan al atravesar el Cantábrico.

Por el contrario, en el sur, las ascendencias que producen el granizo suelen ser debidas más a la inestabilidad térmica producida en verano por el agudo calentamiento del suelo y de la capa de aire en contacto con él.

## 3 HIDROLOGÍA

A continuación, se calcularán y dimensionarán las obras de drenaje necesarias para evacuar de forma segura el agua que se acumule en la parte superior del tablero de la pasarela, evitando así la formación de balsas y charcas.

Para la redacción de este apartado y el cálculo de los distintos parámetros necesarios se ha utilizado la Norma “5.2-IC. Drenaje Superficial”, publicada por el Ministerio de Fomento mediante la Orden FOM/298/2016.

### 3.1 CONSIDERACIONES GENERALES Y CRITERIOS BÁSICOS

#### 3.1.1 OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

El objeto de esta norma es establecer reglas generales y definir prescripciones para proyectar, construir y conservar adecuadamente las obras, elemento y sistemas de drenaje superficial de la Red de Carreteras del Estado.

El drenaje de las carreteras comprende:

- La captación o recogida de las aguas procedentes de la plataforma y sus márgenes, de las estructuras y de los túneles, mediante elementos específicos.
- La conducción y evacuación de dichas aguas, así como las provenientes del drenaje subterráneo de la carretera, a cauces naturales, sistemas de alcantarillado o a la capa freática.
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la carretera, mediante su eventual acondicionamiento y la construcción de puentes y otras de drenaje transversal.

#### 3.1.2 CRITERIOS BÁSICOS

El drenaje superficial se debe proyectar teniendo en cuenta:

- Criterios hidráulicos y medioambientales:
  - Determinación del caudal de proyecto para cada tipo de obra, elemento o sistema de drenaje.
  - Definición de la secuencia: captación o recogida/ conducción o restitución del cauce/ desagüe, atendiendo a los siguientes principios:
    - Evitar sobreelevaciones inadmisibles de la lámina de agua.
    - Evitar velocidades que puedan producir erosiones.
    - Identificar y controlar las posibles zonas de deposición de sedimentos y arrastres.
    - Identificar y controlar las posibles zonas de deposición de sedimentos y arrastres.



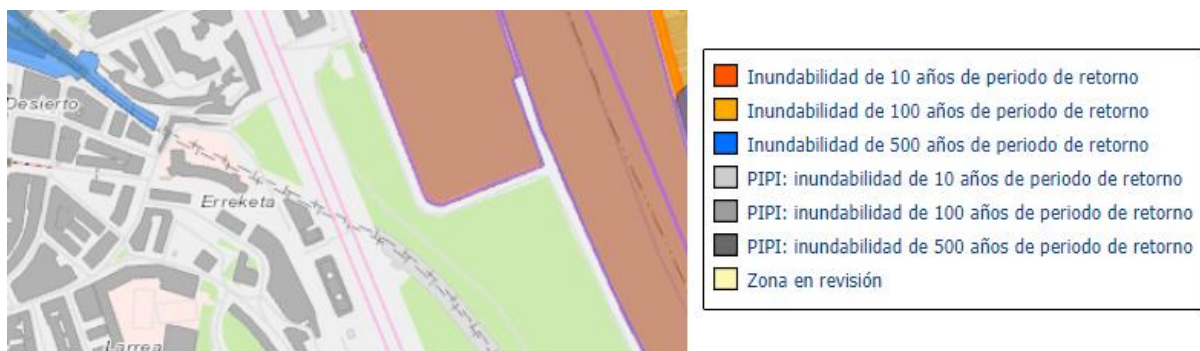
- Identificar y controlar los impactos de los vertidos de aguas recogidas por los elementos del drenaje superficial de la carretera.
  - Minimizar el impacto ambiental de la obra, incluyendo el posible efecto barrera sobre la fauna, especialmente la piscícola y sobre el tránsito de sedimentos.
- La construcción, conservación, mantenimiento y limpieza de los elementos, sistemas y obras.

## 3.2 PERÍODO DE RETORNO, INUNDABILIDAD Y CAUDAL DE PROYECTO

El período de retorno (T) es el período de tiempo expresado en años, para el cual el caudal máximo anual tiene una probabilidad de ser excedido igual a 1/T.

Para el dimensionamiento actual, se tomará un período de retorno de T = 25 años.

En la *Figura 4.9* se muestra el mapa de inundabilidad de la zona del proyecto para distintos períodos de retorno. Como se puede observar, no existe ningún riesgo de inundabilidad.



*Figura 4.9. Mapa de inundabilidad. Fuente: Visor de URA (GeoEuskadi)*

El caudal de proyecto ( $Q_p$ ), es aquél que se debe tener en cuenta para efectuar el dimensionamiento hidráulico de una obra, elemento o sistema de drenaje superficial de la carretera. Se considera igual al caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno elegido.

## 3.3 CÁLCULO DEL CAUDAL DE PROYECTO

### 3.3.1 MÉTODO RACIONAL

Para el cálculo de los mencionados elementos de drenaje se aplicará el método racional, que calcula el caudal máximo  $Q_T$ , correspondiente a un período de retorno T, mediante la siguiente fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

Donde:

|            |                     |   |
|------------|---------------------|---|
| $Q_T$      | (m <sup>3</sup> /s) | Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno $T$ , en el punto de desagüe de la cuenca.  |
| $I(T,t_c)$ | (mm/h)              | Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado $T$ , para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración $t_c$ , de la cuenca. |
| $C$        | (adim.)             | Coefficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.  |
| $A$        | (km <sup>2</sup> )  | Área de la cuenca o superficie considerada.   |
| $K_t$      | (adim.)             | Coefficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.  |

### 3.3.2 INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

La intensidad de precipitación  $I(T,t)$  correspondiente a un período de retorno  $T$ , y a una duración del aguacero  $t$ , a emplear en la estimación de caudales por el método racional, se obtendrá por medio de la siguiente fórmula:

$$I(T,t) = I_d \cdot F_{int}$$

Donde:

|           |         |   |
|-----------|---------|---|
| $I(T,t)$  | (mm/h)  | Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno $T$ y a una duración del aguacero $t$ . |
| $I_d$     | (mm/h)  | Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno $T$ .              |
| $F_{int}$ | (adim.) | Factor de intensidad  |

#### 3.3.2.1 INTENSIDAD MEDIA DIARIA DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA

La intensidad media diaria de precipitación corregida se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$$

Donde:

|       |         |  |
|-------|---------|--|
| $I_d$ | (mm/h)  | Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno $T$ . |
| $P_d$ | (mm)    | Precipitación diaria correspondiente al período de retorno $T$ .                               |
| $K_A$ | (adim.) | Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.                                     |

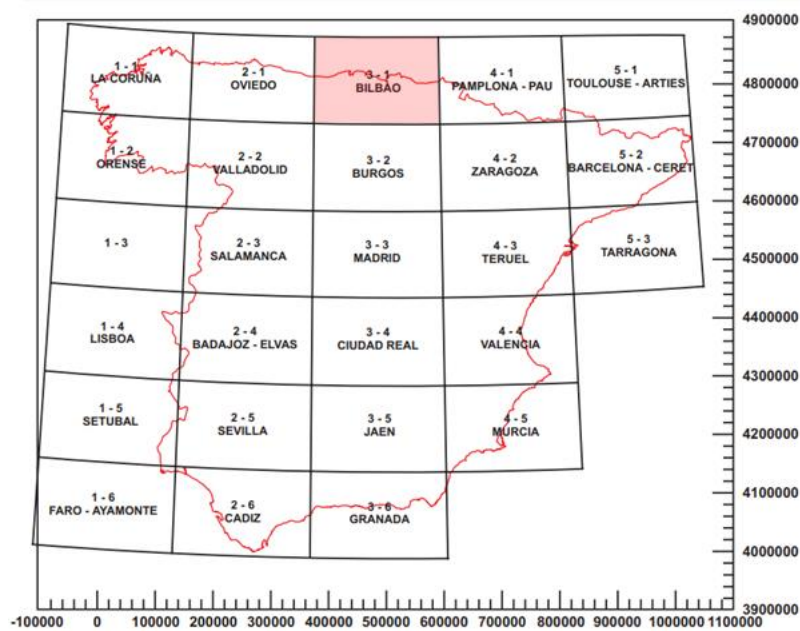
### 3.3.2.1.1 Precipitación diaria

Para determinar la precipitación diaria correspondiente al período de retorno T ( $P_d$ ) se hará uso del documento publicado por el Ministerio de Fomento *Máximas Lluvias diarias en la España Peninsular*.

A continuación, se detallará el proceso seguido para el cálculo:

#### LOCALIZACIÓN EN LOS PLANOS DEL PUNTO GEOGRÁFICO DESEADO

En la *Figura 4.10* se muestra el plano director con las coordenadas UTM referidas al huso 30, encontrándose Bilbao en la hoja 3-1. Dicha hoja se puede ver al completo en la *Figura 4.11* y una ampliación de la zona de Barakaldo en la *Figura 4.12*.



*Figura 4.10. Coordenadas UTM referidas al huso 30. Fuente: Máximas Lluvias diarias en la España Peninsular (Ministerio de Fomento)*

#### ESTIMACIÓN DEL VALOR MEDIO $\bar{P}$ DE LA MÁXIMA PRECIPITACIÓN DIARIA ANUAL Y DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN $C_v$ MEDIANTE LAS ISOLÍNEAS REPRESENTADAS

El valor medio  $\bar{P}$  de la máxima precipitación diaria anual y el coeficiente de variación  $C_v$  se obtienen a partir de las isolíneas representadas en la Hoja 3-1, correspondiéndose las moradas con  $\bar{P}$ , y las rojas con  $C_v$ .

Con el detalle de la *Figura 4.11*, se obtienen por interpolación entre curvas los siguientes valores:

| PUNTO     | $\bar{P}$ (mm/día) | $C_v$ |
|-----------|--------------------|-------|
| BARAKALDO | 64                 | 0,38  |

*Tabla 4.15. Valores de  $\bar{P}$  y  $C_v$  para Barakaldo.*

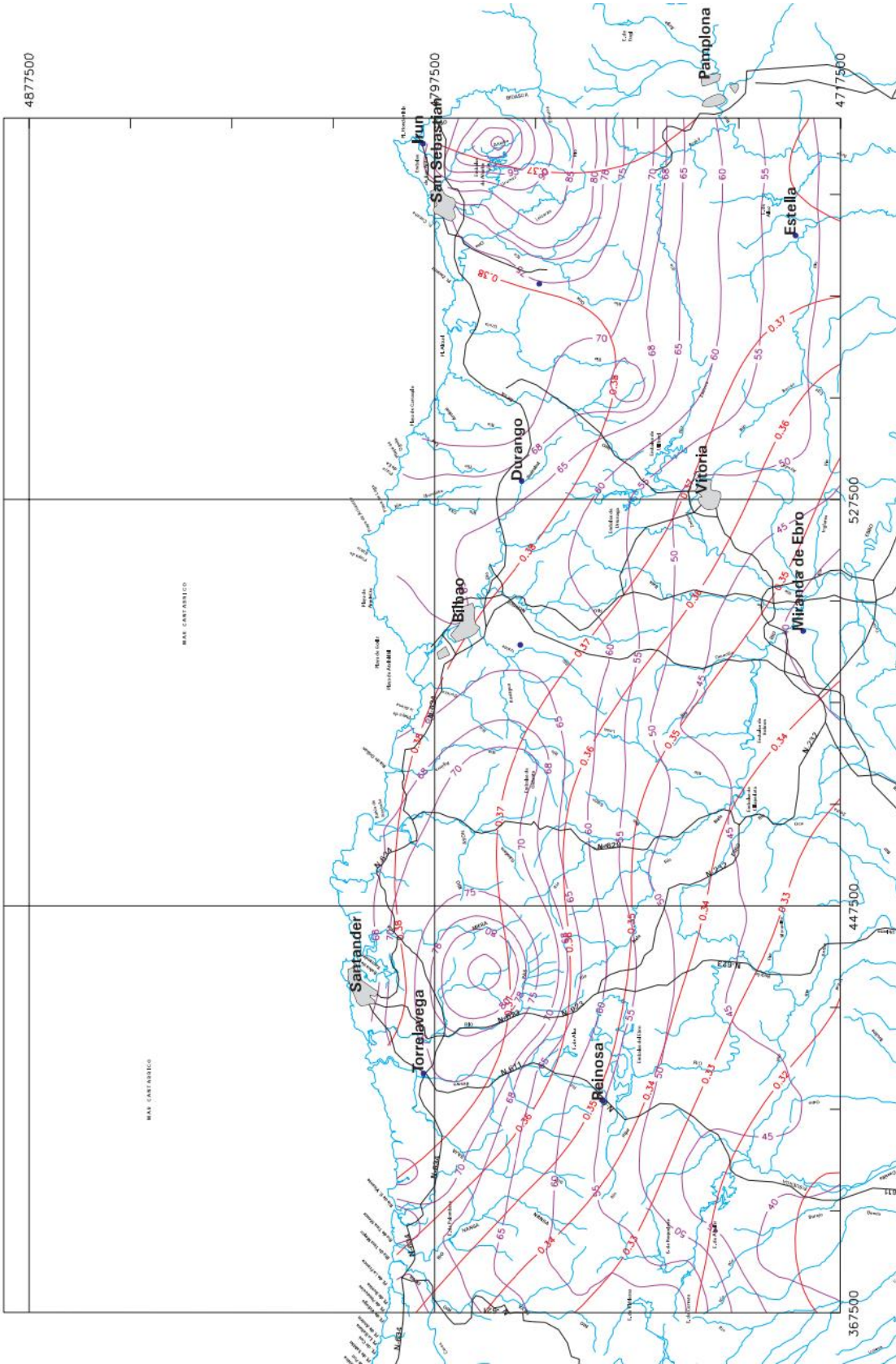


Figura 4.1.1. Hoja 3-1 de la serie 4C. Fuente: Máximas lluvias diarias en la España Peninsular (Ministerio de Fomento)

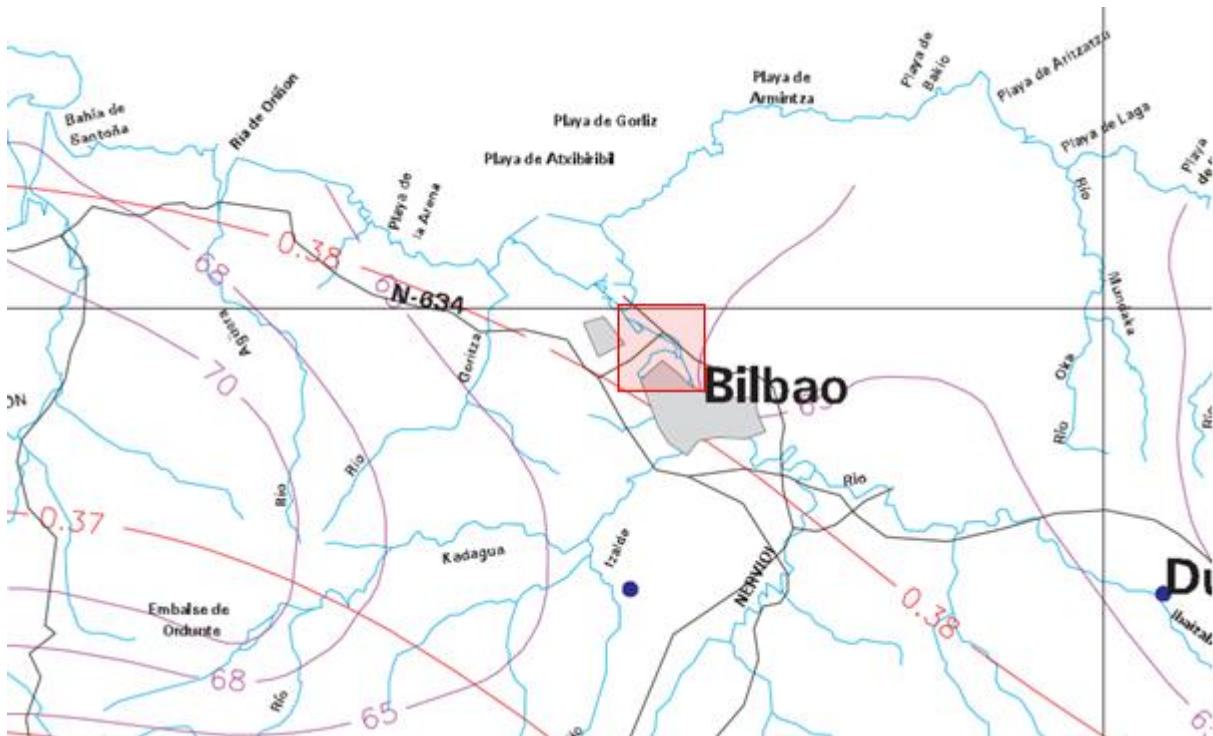


Figura 4.12. Detalle de la hoja 3-1 que muestra el entorno de Barakaldo (recuadro rojo). Fuente: Máximas lluvias diarias en la España Peninsular (Ministerio de Fomento).

#### OBTENCIÓN DEL CUANTIL REGIONAL $Y_T$ (O FACTOR DE AMPLIFICACIÓN $K_T$ )

Como se ha comentado anteriormente, el período de retorno seleccionado para los cálculos es de  $T = 25$  años. Con este período de retorno y el coeficiente  $C_v$  se puede obtener de la *Tabla 4.3* el cuantil regional  $Y_T$  o factor de amplificación  $K_T$ .

Con los datos mencionados se obtiene un valor de  $K_T = 1,793$ .

| PUNTO     | $\bar{P}$ (mm/día) | $C_v$ | $K_T$ |
|-----------|--------------------|-------|-------|
| BARAKALDO | 64                 | 0,38  | 1,793 |

Tabla 4.16. Valores de  $\bar{P}$ ,  $C_v$  y  $K_T$  para Barakaldo

#### OBTENCIÓN DEL CUANTIL LOCAL $X_T$ (PRECIPITACIÓN DIARIA MÁXIMA)

El cuantil local  $X_T$  o precipitación diaria máxima se obtiene como producto del cuantil regional  $K_T$  y el valor medio  $\bar{P}$ .

Por tanto:

$$X_T = Y_T \cdot \bar{P} = 1,793 \cdot 64 = \mathbf{114,75 \text{ mm/día}}$$

El valor obtenido para la precipitación diaria máxima es de 114,75 mm/día.

| C <sub>v</sub> | PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T) |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                | 2                              | 5     | 10    | 25    | 50    | 100   | 200   | 500   |
| 0.30           | 0.935                          | 1.194 | 1.377 | 1.625 | 1.823 | 2.022 | 2.251 | 2.541 |
| 0.31           | 0.932                          | 1.198 | 1.385 | 1.640 | 1.854 | 2.068 | 2.296 | 2.602 |
| 0.32           | 0.929                          | 1.202 | 1.400 | 1.671 | 1.884 | 2.098 | 2.342 | 2.663 |
| 0.33           | 0.927                          | 1.209 | 1.415 | 1.686 | 1.915 | 2.144 | 2.388 | 2.724 |
| 0.34           | 0.924                          | 1.213 | 1.423 | 1.717 | 1.930 | 2.174 | 2.434 | 2.785 |
| 0.35           | 0.921                          | 1.217 | 1.438 | 1.732 | 1.961 | 2.220 | 2.480 | 2.831 |
| 0.36           | 0.919                          | 1.225 | 1.446 | 1.747 | 1.991 | 2.251 | 2.525 | 2.892 |
| 0.37           | 0.917                          | 1.232 | 1.461 | 1.778 | 2.022 | 2.281 | 2.571 | 2.953 |
| 0.38           | 0.914                          | 1.240 | 1.469 | 1.793 | 2.052 | 2.327 | 2.617 | 3.014 |
| 0.39           | 0.912                          | 1.243 | 1.484 | 1.808 | 2.083 | 2.357 | 2.663 | 3.067 |
| 0.40           | 0.909                          | 1.247 | 1.492 | 1.839 | 2.113 | 2.403 | 2.708 | 3.128 |
| 0.41           | 0.906                          | 1.255 | 1.507 | 1.854 | 2.144 | 2.434 | 2.754 | 3.189 |
| 0.42           | 0.904                          | 1.259 | 1.514 | 1.884 | 2.174 | 2.480 | 2.800 | 3.250 |
| 0.43           | 0.901                          | 1.263 | 1.534 | 1.900 | 2.205 | 2.510 | 2.846 | 3.311 |
| 0.44           | 0.898                          | 1.270 | 1.541 | 1.915 | 2.220 | 2.556 | 2.892 | 3.372 |
| 0.45           | 0.896                          | 1.274 | 1.549 | 1.945 | 2.251 | 2.586 | 2.937 | 3.433 |
| 0.46           | 0.894                          | 1.278 | 1.564 | 1.961 | 2.281 | 2.632 | 2.983 | 3.494 |
| 0.47           | 0.892                          | 1.286 | 1.579 | 1.991 | 2.312 | 2.663 | 3.044 | 3.555 |
| 0.48           | 0.890                          | 1.289 | 1.595 | 2.007 | 2.342 | 2.708 | 3.098 | 3.616 |
| 0.49           | 0.887                          | 1.293 | 1.603 | 2.022 | 2.373 | 2.739 | 3.128 | 3.677 |
| 0.50           | 0.885                          | 1.297 | 1.610 | 2.052 | 2.403 | 2.785 | 3.189 | 3.738 |
| 0.51           | 0.883                          | 1.301 | 1.625 | 2.068 | 2.434 | 2.815 | 3.220 | 3.799 |
| 0.52           | 0.881                          | 1.308 | 1.640 | 2.098 | 2.464 | 2.861 | 3.281 | 3.860 |

Tabla 4.17. Cuantiles  $Y_T$  de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación KT. Fuente: Máximas lluvias diarias en la España Peninsular (Ministerio de Fomento)

### 3.3.2.1.2 Coeficiente $K_A$

El factor reductor de la precipitación por área de la cuenca  $K_A$ , tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda su superficie. Se obtiene a partir de la siguiente formula:

$$\begin{aligned}
 \text{Si } A < 1 \text{ km}^2 & \quad K_A = 1 \\
 \text{Si } A \geq 1 \text{ km}^2 & \quad K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}
 \end{aligned}$$

En este proyecto, el área a considerar para los cálculos será la superficie de la pasarela, de 16 metros de largo y 3 metros de ancho, por lo que:

$$A = 16 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} = 48 \text{ m}^2 < 1 \text{ km}^2 \quad \rightarrow \quad K_A = 1$$

### 3.3.2.2 FACTOR DE INTENSIDAD ( $F_{int}$ )

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de:

- La duración del aguacero  $t$
- El período de retorno  $T$ , si se dispone de curvas IDF aceptadas por la Dirección General de Carreteras, en un pluviógrafo situado en el entorno de la zona de estudio que pueda considerarse representativo de su comportamiento.

Se tomará el mayor valor de los obtenidos de entre los que se indican a continuación:

$$F_{int} = \text{máx}(F_A, F_B)$$

Donde:

|           |         |   |
|-----------|---------|---|
| $F_{int}$ | (adim.) | Factor de intensidad  |
| $F_a$     | (adim.) | Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad ( $I_1/I_d$ ).  |
| $F_b$     | (adim.) | Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo. |

A falta de curvas IDF aceptadas por la Dirección General de Carreteras, se tomará  $F_{int} = F_a$ .

#### 3.3.2.2.1 Cálculo de $F_a$

Se calcula de la siguiente manera:

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{3,5287 - 2,5287 \cdot t^{0,1}}$$

Donde:

|           |         |   |
|-----------|---------|---|
| $F_a$     | (adim.) | Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad ( $I_1/I_d$ ).  |
| $I_1/I_d$ | (adim.) | Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del mapa de la <i>Figura 4.11</i> . |
| $t$       | (horas) | Duración del aguacero.  |

Se considerará como duración del aguacero el tiempo de concentración ( $t_c$ ), que es el tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe. Se obtiene a partir de la fórmula:

$$t_c = 0,3 \cdot L_c^{0,76} \cdot J_c^{-0,19}$$

Donde:

|       |         |                          |
|-------|---------|--------------------------|
| $t_c$ | (horas) | Tiempo de concentración. |
|-------|---------|--------------------------|

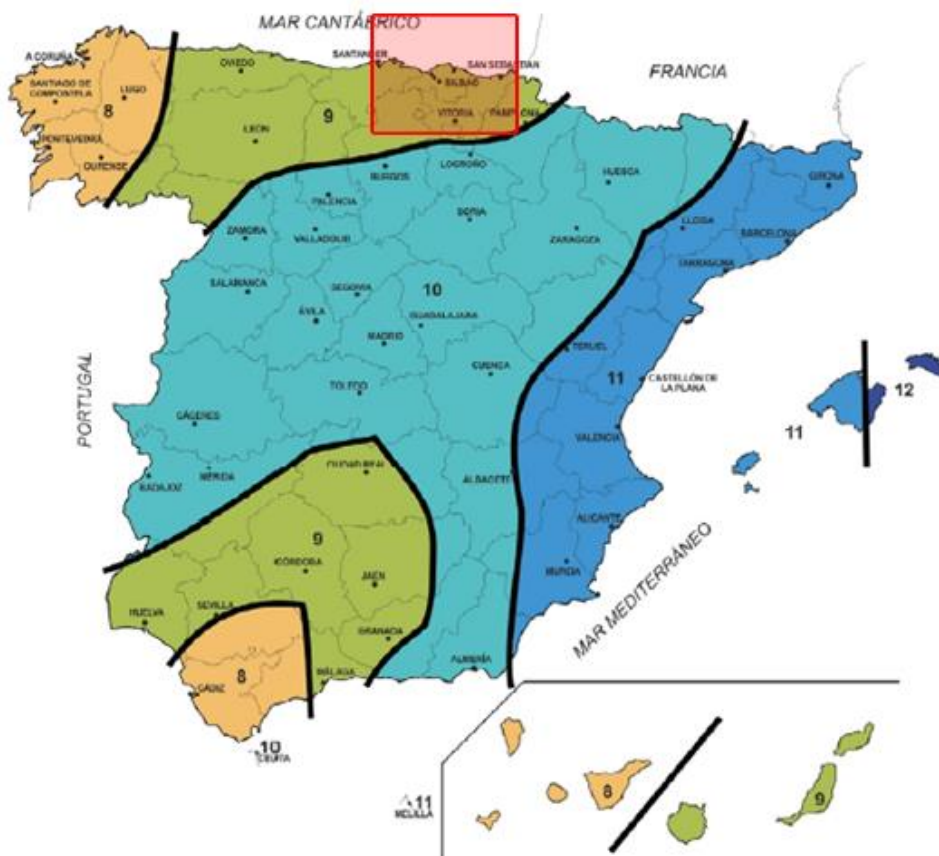
|       |         |                            |
|-------|---------|----------------------------|
| $L_c$ | (km)    | Longitud del cauce.        |
| $J_c$ | (adim.) | Pendiente media del cauce. |

Los canales a colocar en la plataforma de la pasarela se dimensionarán con 16 metros de longitud, al igual que el tablero, y una pendiente del 0,5%.

Entonces, el tiempo de concentración será:

$$t_c = 0,3 \cdot 0,016^{0,76} \cdot 0,005^{-0,19} = 0,035 \text{ horas}$$

Según el mapa de la *Figura 4.13*, el índice de torrencialidad para Barakaldo es  $I_1/I_d = 9$ .



*Figura 4.13. Mapa para la obtención del índice de torrencialidad  $I_1/I_d$ . Fuente: Máximas lluvias diarias en la España Peninsular (Ministerio de Fomento).*

Con los datos obtenidos, el factor de intensidad será:

$$F_{int} = F_a = \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287 \cdot t^{0,1}} = 9^{3,5287 - 2,5287 \cdot 0,035^{0,1}} = 43,807$$



### 3.3.2.3 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

En primer lugar, se calculará la intensidad media diaria de precipitación corregida a partir de la fórmula expuesta en el apartado 3.3.2.1:

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24} = \frac{114,75 \cdot 1}{24} = 4,781 \text{ mm/h}$$

A partir del valor obtenido y del factor de intensidad calculado en el apartado anterior, se halla la intensidad de precipitación:

$$I(T, t) = I_d \cdot F_{int} = 4,781 \text{ mm/h} \cdot 43,807 = \mathbf{209,441 \text{ mm/h}}$$

### 3.3.3 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

El coeficiente de escorrentía  $C$ , define la proporción de la parte de precipitación de intensidad  $I(T, t_c)$  que genera el caudal avenida en el punto de desagüe de la cuenca.

Como el pavimento de madera a colocar en la pasarela no absorbe el agua, se tomará un coeficiente de escorrentía de  $C = 1$ .

### 3.3.4 ÁREA DE LA PLATAFORMA

El área a considerar para el cálculo del caudal de proyecto será la superficie de la pasarela, de 16 metros de largo y 3 metros de ancho, por lo que:

$$A = 16 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} = 48 \text{ m}^2 = 0,000048 \text{ km}^2$$

### 3.3.5 COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN

El coeficiente  $K_t$  tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

Se calcula a través de la siguiente expresión:

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14} = 1 + \frac{0,035^{1,25}}{0,035^{1,25} + 14} = 1,001$$

### 3.3.6 RESUMEN Y CÁLCULO DEL CAUDAL DE PROYECTO

Con todos los valores obtenidos en los apartados anteriores, se calculará el caudal de proyecto:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6} = \frac{209,441 \text{ mm/h} \cdot 1 \cdot 0,000048 \text{ km}^2 \cdot 1,001}{3,6} = \mathbf{0,0028 \text{ m}^3/\text{s}}$$

## 4 DRENAJE

### 4.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE

Se ha optado por la colocación de dos canalones a ambos lados de la pasarela, que evacuarán mediante sendas bajantes ubicadas en la torre del ascensor.

Dichos canalones tendrán una pendiente del 0,5% para evitar acumulaciones de agua que puedan causar con el tiempo perforaciones o fugas.

A continuación, se detallarán los cálculos realizados para el dimensionamiento de este sistema.

### 4.2 INTENSIDAD PLUVIOMÉTRICA Y FACTOR DE CORRECCIÓN

La intensidad pluviométrica ( $i$ ) se obtendrá de la *Tabla 4.4* en función de la isoyeta y de la zona pluviométrica correspondientes a la localidad determinadas mediante el mapa de la *Figura 4.14*.

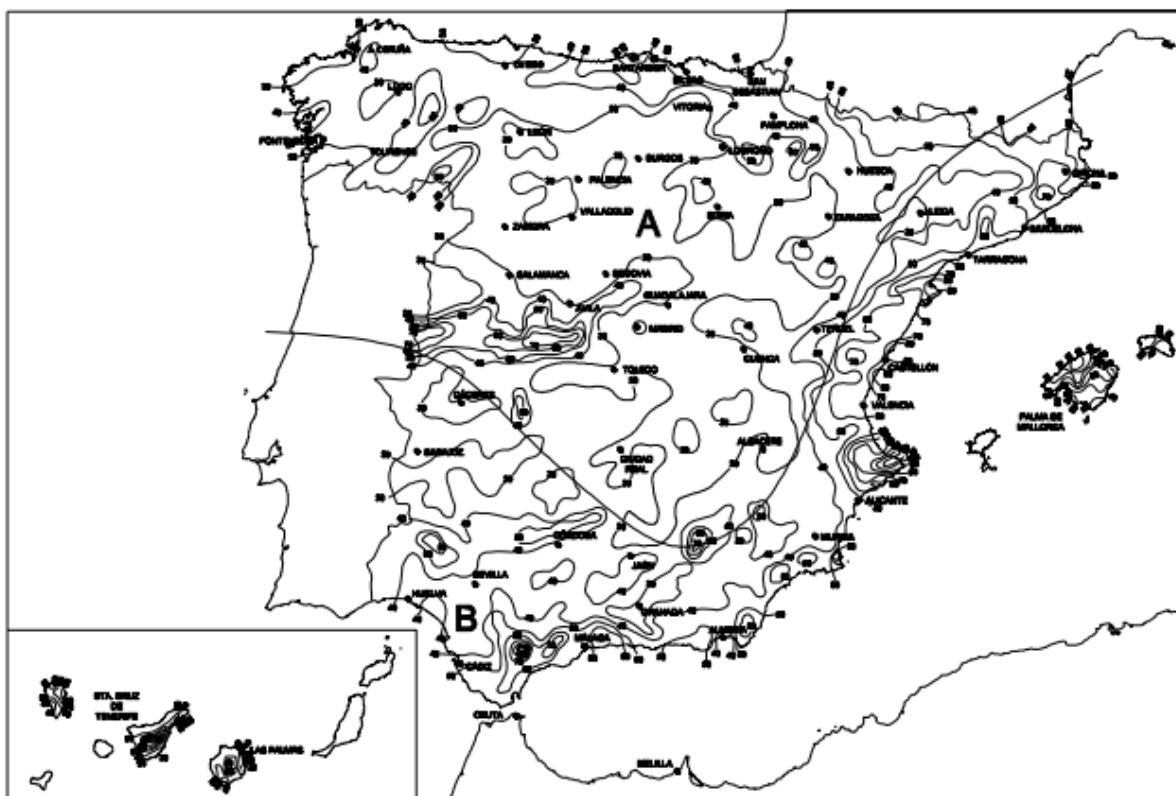


Figura 4.14. Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas. Fuente: Código Técnico de la Edificación

|         | Intensidad Pluviométrica $i$ (mm/h) |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------|-------------------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Isoyeta | 10                                  | 20 | 30 | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 | 120 |
| Zona A  | 30                                  | 65 | 90 | 125 | 155 | 180 | 210 | 240 | 275 | 300 | 330 | 365 |
| Zona B  | 30                                  | 50 | 70 | 90  | 110 | 135 | 150 | 170 | 195 | 220 | 240 | 265 |

Tabla 18.4. Valores de la intensidad pluviométrica. Fuente: Código Técnico de la Edificación

Se puede observar que el municipio de Barakaldo queda comprendido en la zona A del mapa, y como muestra el detalle de la Figura 4.15, la isoyeta correspondiente es la de 50 mm.

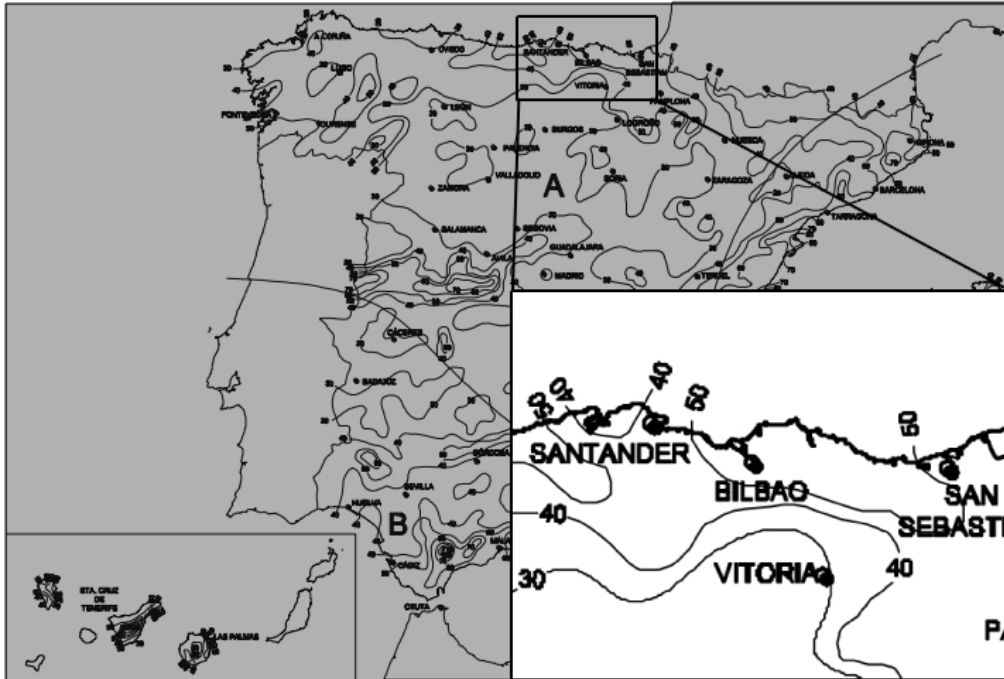


Figura 4.15. Detalle del mapa de isoyetas en la zona del proyecto. Fuente: Código Técnico de la Edificación

Por tanto, accediendo a la tabla con los valores mencionados se obtiene una intensidad pluviométrica de  $i = 155$  mm/h.

Al ser un régimen con intensidad diferente de 100 mm/h, debe aplicarse un factor  $f$  de corrección a la superficie servida tal que:

$$f = i/100 = 155/100 = 1,55$$

### 4.3 DIMENSIONAMIENTO DE LOS CANALONES

Al ser la superficie del tablero de  $48 \text{ m}^2$ , el área que servirá cada una aplicando el factor de corrección anteriormente calculado será:

$$A = \frac{48 \text{ m}^2}{2 \text{ canalones}} \cdot 1,55 = 37,2 \frac{\text{m}^2}{\text{canalón}}$$

Con este dato y la pendiente del 0,5%, accediendo a la Tabla 4.5, se obtiene un diámetro nominal mínimo del canalón de **125 mm**.

| Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> ) |     |     |     | Diámetro nominal del canalón (mm) |
|--|-----|-----|-----|-----------------------------------|
| Pendiente del canalón  |     |     |     |                                   |
| 0.5 %  | 1 % | 2 % | 4 % |                                   |
| 35   | 45  | 65  | 95  | 100                               |
| 60   | 80  | 115 | 165 | 125                               |
| 90   | 125 | 175 | 255 | 150                               |
| 185  | 260 | 370 | 520 | 200                               |
| 335  | 475 | 670 | 930 | 250                               |

Tabla 4.19 . Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h. Fuente: Código Técnico de la Edificación

## 4.4 DIMENSIONAMIENTO DE LAS BAJANTES

Al colocar una bajante para cada canalón, el área servida por cada una equivale a la calculada anteriormente, por tanto:

$$A = 37,2 \frac{m^2}{bajante}$$

Accediendo a la *Tabla 4.6*, se determina un diámetro nominal mínimo para las bajantes de **50 mm**.

| Superficie en proyección horizontal servida (m <sup>2</sup> ) | Diámetro nominal de la bajante (mm) |
|---|-------------------------------------|
| 65  | 50                                  |
| 113   | 63                                  |
| 177   | 75                                  |
| 318   | 90                                  |
| 580   | 110                                 |
| 805   | 125                                 |
| 1.544   | 160                                 |
| 2.700   | 200                                 |

Tabla 4.20. Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h. Fuente: Código Técnico de la Edificación

## 4.5 SOLUCIÓN ADOPTADA

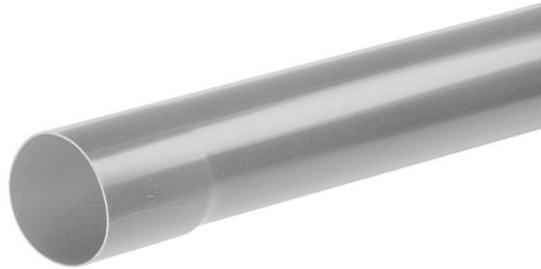
Para realizar el drenaje del tablero la solución propuesta consiste en dos canalones laterales de 125 mm de diámetro, con una pendiente del 0,5%, y de dos bajantes de diámetro 80 mm.

Se ha optado por unos canalones Dakota G-125, de PVC, material que le otorga resistencia a los rayos UV y, por lo tanto, una mayor durabilidad.



Figura 4.16. Canalón Dakota G-125. Fuente: Bauhaus

En cuanto a las bajantes, se han seleccionado tubos también de la marca Dakota, elaborados en el mismo material (PVC).



*Figura 4.17. Tubo bajante Dakota. Fuente: Bauhaus*

Para asegurar una correcta evacuación del agua y evitar charcos y acumulaciones de agua, el tablero de la plataforma se dispondrá con un bombeo del 0,5%.

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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA  
**ANEXO 5. MOVIMIENTO DE  
TIERRAS**

## ÍNDICE

|   |            |
|---|------------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>                       | <b>96</b>  |
| <b>2 ACTUACIONES .....</b>                        | <b>97</b>  |
| <b>2.1 REPLANTEO.....</b>                         | <b>97</b>  |
| <b>2.2 EXCAVACIÓN, TRANSPORTE Y RELLENO .....</b> | <b>97</b>  |
| <b>2.2.1 EXCAVACIÓN .....</b>                     | <b>97</b>  |
| <b>2.2.2 TRANSPORTE.....</b>                      | <b>98</b>  |
| <b>2.2.3 RELLENO.....</b>                         | <b>98</b>  |
| <b>2.3 COMPACTACIÓN .....</b>                     | <b>98</b>  |
| <b>3 CÁLCULO DE VOLÚMENES.....</b>                | <b>99</b>  |
| <b>3.1 VOLUMEN DE DESMONTE .....</b>              | <b>99</b>  |
| <b>3.2 VOLUMEN DE TERRAPLÉN .....</b>             | <b>99</b>  |
| <b>3.3 CAMBIOS DE VOLÚMENES.....</b>              | <b>99</b>  |
| <b>3.4 DIFERENCIA DE VOLÚMENES .....</b>          | <b>100</b> |

## 1 INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anexo es definir y calcular las operaciones derivadas del movimiento de tierras requerido para construir la estructura y sus respectivos accesos.

Para el cálculo del movimiento de tierras se ha empleado el software AutoCAD Civil 3D 2019.



## 2 ACTUACIONES

Para llevar a cabo el movimiento de tierras de manera correcta son necesarios los siguientes pasos:

- Replanteo
- Excavación, transporte y relleno
- Compactación

En la *Figura 5.1* se muestra el movimiento de tierras necesario para lograr las explanadas proyectadas.



*Figura 5.43. Movimiento de tierras. Fuente: autor*

### 2.1 REPLANTEO

El replanteo es el proceso inverso a la toma de datos. Consiste en plasmar en el terreno detalles representados en planos, con sus coordenadas y cotas. De este modo se hará posible la ejecución de las actuaciones recogidas en el presente proyecto de manera eficaz.

### 2.2 EXCAVACIÓN, TRANSPORTE Y RELLENO

#### 2.2.1 EXCAVACIÓN

Tras el replanteo de la zona, se realizará la excavación correspondiente para alojar las zapatas de la estructura y construir los accesos. Esta excavación se llevará a cabo con la ayuda de una retroexcavadora, la cual amontonará el relleno, para el posterior relleno de las zonas que así lo requieran.

### **2.2.2 TRANSPORTE**

El transporte del terreno procedente de la excavación no es significativo, ya que la distancia entre puntos de excavación y relleno es mínima.

El material sobrante irá a otra obra o a vertedero, en función de la necesidad del contratista.

El transporte del terreno se realizará mediante dumpers.

### **2.2.3 RELLENO**

Será necesario relleno tanto en el acceso superior como en el inferior.

## **2.3 COMPACTACIÓN**

La operación de compactación del relleno se ejecutará con el fin de aumentar la densidad del terreno, o lo que es lo mismo, aumentar su capacidad portante.

La compactación se efectuará mediante rodillos vibratorios. Se pretenderá conseguir una densidad similar a la del material antes de ser excavado.

### **3 CÁLCULO DE VOLÚMENES**

A continuación, se detallarán los pasos seguidos tanto para la obtención del volumen destinado a compensación de tierras, así como el que será transportado a vertedero.

#### **3.1 VOLUMEN DE DESMONTE**

Se denomina desmonte a la excavación de tierra realizada en un determinado entorno con el fin de rebajar la rasante del terreno, reduciendo así su cota y logrando formar un plano de apoyo para la obra.

El volumen de material extraído se denomina volumen de desmonte.

#### **3.2 VOLUMEN DE TERRAPLÉN**

Se denomina terraplén a la tierra con la que se rellena un terreno con el fin de levantar su nivel y formar un plano de apoyo a una cota superior para la obra que se desee ejecutar.

El volumen de tierra añadido se denomina volumen de terraplén.

#### **3.3 CAMBIOS DE VOLÚMENES**

En las excavaciones hay un aumento de volumen a tener en cuenta en el acarreo, y una consolidación y compactación en la colocación en el perfil.

Los terrenos, ya sean suelos o rocas más o menos fragmentadas, están constituidos por la agregación de partículas de tamaños muy variados. Entre estas partículas quedan huecos, ocupados por aire y agua.

Si mediante una acción mecánica se varía la ordenación de esas partículas, se modificará el volumen de huecos. Es decir, el volumen de una porción de material no es fijo, sino que depende de las acciones mecánicas a las que se someta.

El volumen de tierra tal y como se encuentra en la naturaleza se denominará volumen en banco, y una vez excavado se denominará volumen suelto.

Dichos volúmenes se pueden relacionar por su factor de esponjamiento, que, para el proyecto actual, con un terreno de calizas, es de 0.59.

Para el material de relleno se considerará un factor de compactación de 1,69 entre el volumen de material suelto y el compactado, haciendo referencia a que tendrá un grado de compactación similar al que se encuentra en un principio.

### 3.4 DIFERENCIA DE VOLÚMENES

En la *Tabla 5.1* se muestra el movimiento de tierras necesario para la ejecución de las explanadas proyectadas para los accesos a la pasarela.

|                  | Volúmenes en plano (m <sup>3</sup> ) | Volúmenes en suelto (m <sup>3</sup> ) |
|------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Desmante</b>  | 110,39                               | 186,56                                |
| <b>Terraplén</b> | 385,20                               | 650,99                                |

*Tabla 5.21. Movimiento de tierras. Fuente: autor*

Es necesario tener en cuenta también los valores del desmante por excavaciones para los elementos de cimentación. Dadas las dimensiones de las zapatas, dicho volumen asciende a 10 m<sup>2</sup>.

Por tanto, los volúmenes finales serían los que refleja la *Tabla 5.2*.

|                  | Volúmenes en plano (m <sup>3</sup> ) | Volúmenes en suelto (m <sup>3</sup> ) |
|------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Desmante</b>  | 120,39                               | 203,46                                |
| <b>Terraplén</b> | 385,20                               | 650,99                                |

*Tabla 5.22. Movimiento de tierras final. Fuente: autor*

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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA

**ANEXO 6. ACCESIBILIDAD Y  
DISEÑO GEOMÉTRICO**

## ÍNDICE

|   |            |
|---|------------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>                                   | <b>103</b> |
| <b>2 NORMATIVA DE ACCESIBILIDAD .....</b>                     | <b>104</b> |
| <b>2.1 ELEMENTOS DE URBANIZACIÓN .....</b>                    | <b>104</b> |
| 2.1.1 DEFINICIÓN .....  | 104        |
| 2.1.2 ITINERARIOS PEATONALES .....                            | 104        |
| 2.1.3 PAVIMENTOS .....  | 105        |
| 2.1.4 ESCALERAS MECÁNICAS, TAPICES RODANTES Y ASCENSORES..... | 105        |
| 2.1.5 PASAMANOS .....   | 105        |
| <b>2.2 MOBILIARIO URBANO .....</b>                            | <b>106</b> |
| 2.2.1 DEFINICIÓN .....  | 106        |
| 2.2.2 NORMAS DE INSTALACIÓN DEL MOBILIARIO URBANO.....        | 106        |
| 2.2.3 BANCOS .....  | 107        |
| <b>3 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA.....</b>                           | <b>109</b> |
| 3.1 ACCESOS.....  | 109        |
| 3.2 PASARELA .....  | 110        |
| 3.3 ASCENSOR .....  | 110        |

## 1 INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se va a definir la normativa de accesibilidad que resulta de obligado cumplimiento para todo proyecto a construir.

Además, se presentarán las diferentes geometrías de las que se compone el proyecto, de manera que quede reflejado el cumplimiento de la normativa en los distintos elementos del mismo.

## 2 NORMATIVA DE ACCESIBILIDAD

Para el diseño y dimensionamiento del ascensor y la pasarela que componen el proyecto, se ha hecho uso de la siguiente normativa:

- Guía de Aplicación de la Normativa Técnica vigente en materia de Accesibilidad en la Comunidad Autónoma del País Vasco (Julio 2012).
- Normativa de Pasarelas Peatonales expedida por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España.

### 2.1 ELEMENTOS DE URBANIZACIÓN

#### 2.1.1 DEFINICIÓN

Se consideran elementos de urbanización a cualquier componente de las obras de urbanización, entendiéndose como tales, pavimentación, abastecimiento y distribución de aguas, saneamiento y alcantarillado, distribución de energía eléctrica, gas, telefonía y telemática, alumbrado público, jardinería y todas aquellas otras que materialicen las indicaciones de los instrumentos de desarrollo del planeamiento urbanístico.

El diseño, colocación y mantenimiento de los elementos de urbanización que deban ubicarse en áreas de uso peatonal garantizarán la seguridad, la accesibilidad, la autonomía y la no discriminación de todas las personas. No presentarán cejas, ondulaciones, huecos, salientes, ni ángulos vivos que puedan provocar el tropiezo de las personas, ni superficies que puedan producir deslumbramientos.

Los elementos de urbanización nunca invadirán el ámbito libre de paso de un itinerario peatonal accesible.

#### 2.1.2 ITINERARIOS PEATONALES

El trazado y diseño de los itinerarios públicos o privados de uso comunitario, destinados al tránsito de peatones o al tránsito mixto, de peatones y vehículos, se realizará de forma que se garantice la accesibilidad.

Siempre que exista más de un itinerario posible entre dos puntos, y en la eventualidad de que todos no puedan ser accesibles, se habilitarán las medidas necesarias para que el recorrido del itinerario peatonal accesible no resulte en ningún caso discriminatorio, ni por su longitud, ni por transcurrir fuera de las áreas de mayor afluencia de personas.

Las especificaciones técnicas del diseño y trazado serán las siguientes:

- La anchura mínima de paso libre de obstáculos será de 2,00 m., excepto en urbanizaciones de viviendas de densidad igual o inferior a 12 viviendas /Hectárea en las cuales dicha anchura se podrá reducir a 1,50 m, siempre y cuando se instalen superficies de encuentro y giro, que permitan inscribir un cuadrado libre de obstáculos de 1,80 x 1,80 m. con una distancia máxima entre ellos de 20 m. y siempre que estén a la vista entre sí.



- La altura libre de paso en cualquier punto del itinerario será como mínimo de 2,20 m.
- La pendiente longitudinal será menor o igual al 6%.
- La pendiente transversal será como máximo de 2%, recomendándose 1.5%.
- La altura máxima de los bordillos en caso de aceras será de 12 cm., recomendándose de canto redondeado con un radio máximo de 1 cm. o bien, achaflanado de 2 cm.

### **2.1.3 PAVIMENTOS**

Los pavimentos duros de los itinerarios peatonales serán antideslizantes en seco y mojado y sin resaltos entre piezas, y los pavimentos blandos suficientemente compactados para impedir el desplazamiento y el hundimiento de las sillas de ruedas, bastones etc. Las características mencionadas serán definidas por Orden del Consejero de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente.

Para señalar desniveles, depresiones y cambios de cota, como en el caso de escaleras, rampas, pasos subterráneos, bocas de metro, etc. se colocarán Franjas Señalizadoras que serán mayor o igual a 1 m, en función del módulo de la baldosa o material a emplear, de anchura en todos los frentes de acceso y llegada. Dichas Franjas Señalizadoras serán, pavimentos de textura y coloración diferentes, bien contrastado con el resto del pavimento circundante, cumpliendo una doble función de información y/o aviso. Se situarán quedando perpendiculares al sentido de la marcha y ocuparán la totalidad del itinerario peatonal, conforme a lo indicado en el Anejo IV de la normativa, sobre Accesibilidad en la Comunicación.

### **2.1.4 ESCALERAS MECÁNICAS, TAPICES RODANTES Y ASCENSORES**

Cuando en los espacios libres públicos se instalen escaleras mecánicas, tapices rodantes o ascensores, se ajustarán en cuanto a la accesibilidad y señalización, a las normas del presente Anejo y en cuanto a su construcción a las normas del Anejo III Condiciones Técnicas de Accesibilidad en los Edificios de la Guía, que dicta lo siguiente:

- La instalación de los ascensores destinados a personas y objetos, en toda edificación o en los espacios libres, deberá cumplir con su normativa específica en la materia. A este respecto será de aplicación el RD 1314/1997 que traspone la directiva 95/16/CE sobre ascensores y las normas europeas armonizadas de la serie EN-81, especialmente la referente a la accesibilidad de las personas discapacitadas. Deberá observarse además lo especificado en el presente apartado.
- Los caracteres que informen de la existencia del ascensor (pictogramas, macrotipos, rótulos, etc.) deberán cumplir las especificaciones establecidas en el apartado de Sistemas de Señalización del Anejo IV, sobre Accesibilidad en la Comunicación.

### **2.1.5 PASAMANOS**

Los pasamanos son aquellos elementos de soporte que se disponen como ayuda para desplazarse o para mantener una determinada postura.

Las principales características a tener en cuenta en el diseño y disposición de los pasamanos son las siguientes:

- El diseño será anatómico con una forma que permita adaptarse a la mano, recomendándose una sección circular equivalente entre 4 y 5 cm de diámetro.
- La fijación será firme por la parte inferior del pasamanos, sin obstáculos para asirlo por lo que estará separado como mínimo 4 cm respecto a cualquier otro elemento en la parte interior medido en el plano horizontal y 10 cm como mínimo de separación con cualquier obstáculo por encima medido en el plano vertical.
- No se colocará encastrado.
- Los pasamanos serán dobles y se colocarán a una altura, desde el bocel en el caso de escaleras, de  $100\pm 5$  cm el superior, y de  $70\pm 5$  cm el inferior.
- Los pasamanos se prolongarán 45cm. en los extremos de los tramos de escaleras y rampas, como indicación de percepción manual que advierta del comienzo y final de los mismos, siempre y cuando no se produzcan invasiones transversales de itinerarios peatonales prioritarios, garantizando la cobertura de todo el tramo de escalera o rampa.
- Estarán rematados de forma que eviten los enganches.
- Su color será contrastado con el resto de los elementos de rampas y escaleras.

Se dispondrán Placas de Orientación en los pasamanos de escaleras y rampas de las características y en los edificios que se establezca en el Anejo IV, sobre Accesibilidad en la comunicación.

## 2.2 MOBILIARIO URBANO

### 2.2.1 DEFINICIÓN

Se entiende por mobiliario urbano, el conjunto de objetos a colocar en los espacios exteriores, superpuestos o adosados a los elementos de urbanización, de modo que su modificación o traslado no genere modificaciones substanciales: semáforos, señales, paneles informativos, carteles, cabinas telefónicas, fuentes públicas, servicios higiénicos, papeleras, marquesinas, asientos y cualquier otro de análoga naturaleza, tanto los que se sitúen de forma eventual como permanente.

### 2.2.2 NORMAS DE INSTALACIÓN DEL MOBILIARIO URBANO

- Cualquier elemento de mobiliario urbano que se instale de forma eventual o permanente en los espacios libres de uso público, se dispondrá de forma que no interfiera la accesibilidad.
- Aquellos elementos de uso público, que se instalen, como cabinas u hornacinas telefónicas, fuentes, bancos, cajeros, marquesinas, mostradores, expositores externos, kioscos de revistas u otros análogos se diseñarán y ubicarán de forma que puedan ser utilizados por personas con dificultad en la accesibilidad.

- Aquellos elementos fijos o móviles salientes de fachada o que interfieran un itinerario o espacio peatonal tales como, marquesinas, quioscos, toldos, señales u otros análogos, se instalarán de forma que su borde inferior supere la altura de 2,20 m.
- Cualquier elemento fijo o móvil situado a una altura inferior a 2,20 m. se prolongará hasta el suelo con toda la mayor proyección en planta. Los elementos no presentarán salientes de más de 10 cm y se asegurará la inexistencia de cantos vivos en cualquiera de las piezas que los conforman.
- El mobiliario urbano se dispondrá o colocará alineado en el sentido longitudinal del itinerario peatonal. En caso de aceras, en el borde exterior, nunca junto a la fachada y en todos los casos sin reducir la anchura libre del itinerario peatonal a menos de 2,00 m. y no menos de 1,50 m. en las aceras de urbanizaciones de densidad igual o inferior a 12 viviendas/hectárea. Se dispondrán alineados junto a la banda exterior de la acera, a una distancia de 0,40 m del límite entre bordillo y calzada. (ORD. 561, CAP.VIII, Art. 25.a )
- 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 de itinerarios peatonales, recomendándose situarlos en los límites laterales de los pasos peatonales con una doble finalidad, por un lado, que delimiten la anchura y luz libre del paso peatonal y por otro que sirvan de protección contra la invasión del mismo por vehículos.
- Las actividades eventuales o permanentes instaladas en los espacios libres de uso público o junto a los itinerarios peatonales, tales como kioscos, puestos de venta o exposición, terrazas en hostelería, u otros similares no interferirán nunca el itinerario peatonal y deberán de ser diseñadas teniendo en cuenta su accesibilidad.
- Todo elemento transparente, dispondrá de dos bandas señalizadoras horizontales de una anchura de 20 cm. colocadas a una altura de 1,50 m. y 0,90 m. medido desde su borde inferior hasta el suelo, para hacerlo perceptible a las personas con deficiencias visuales. Las bandas serán opacas, de color vivo y contrastado con el fondo propio del espacio ubicado detrás del vidrio y abarcando toda la anchura de la superficie vidriada.

### 2.2.3 BANCOS

Los bancos de los espacios libres de uso público tendrán el asiento situado a una altura de 40-45 cm, disponiendo de respaldo y reposabrazos, estos a una altura de entre 20 y 25 cm sobre el nivel del asiento, cuando se pongan varios se instalarán a una distancia máxima uno de otro de 50 m, se permitirá la utilización de otros tipos de banco siempre que sea de manera complementaria a los anteriores, ajustándose a las condiciones ergonómicas que faciliten el levantarse y sentarse.

La disposición de estos bancos en las áreas peatonales será, como mínimo, de una unidad de cada agrupación y, en todo caso, una unidad de cada cinco bancos o fracción.

Dispondrán de un diseño ergonómico con una profundidad de asiento entre 0,40 y 0,45 m y una altura comprendida entre 0,40 m y 0,45 m.

Tendrán respaldo con altura mínima de 0,40 m y reposabrazos en ambos extremos.

A lo largo de su parte frontal y en toda su longitud se dispondrá de una franja libre de obstáculos de 0,60 m de ancho, que no invadirá el itinerario peatonal accesible. Como mínimo uno de los laterales dispondrá de un área libre de obstáculos de 1,50 m de longitud y 1 m de ancho que en ningún caso coincidirá con el itinerario peatonal accesible.

### 3 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA

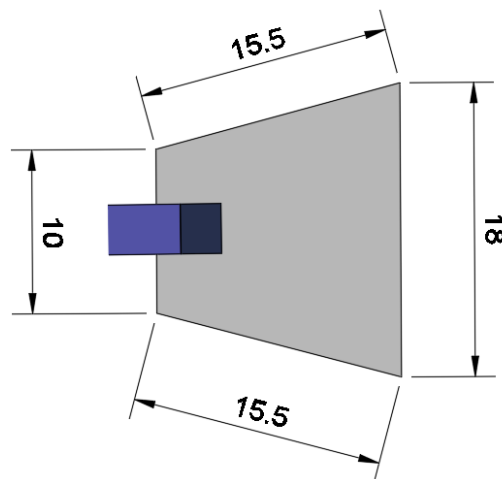
A continuación, se definirá la geometría de las distintas partes que conforman el proyecto, de acuerdo con la normativa mencionada.

#### 3.1 ACCESOS

Con el fin de dar acceso a la estructura, se han proyectado dos explanadas que la conectan con el pavimento existente. En estas explanadas se dispondrá mobiliario urbano, con fines estéticos y de confort, cumpliendo la normativa pertinente.

##### 3.1.1 ACCESO INFERIOR

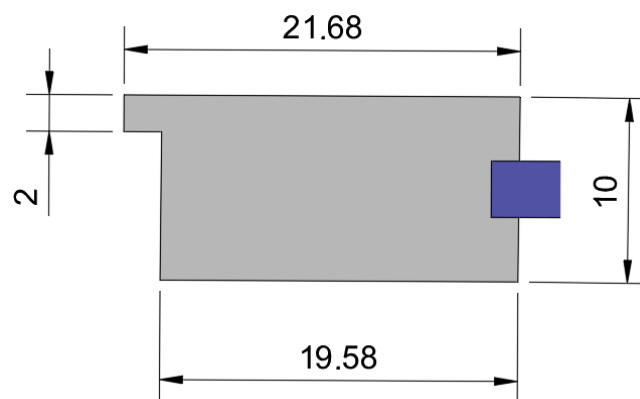
El acceso inferior cuenta con una superficie de 211,15 m<sup>2</sup>. Sus dimensiones pueden apreciarse en la *Figura 6.1*.



*Figura 6.44. Dimensiones del acceso inferior. Fuente: autor*

##### 3.1.2 ACCESO SUPERIOR

El acceso superior cuenta con una superficie de 201,5 m<sup>2</sup>. Sus dimensiones se muestran en la *Figura 6.2*.

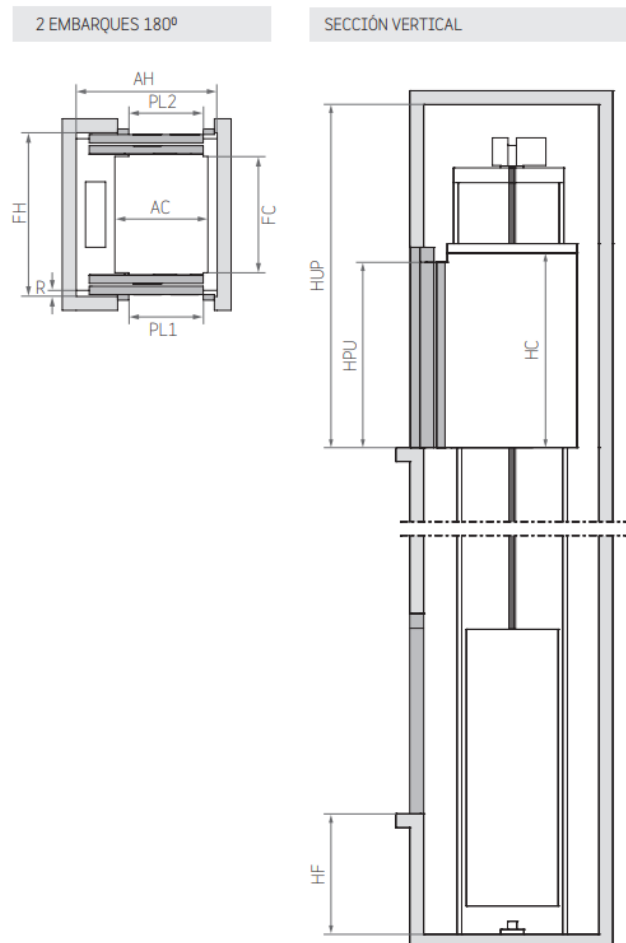


*Figura 6.45. Dimensiones del acceso superior. Fuente: autor*

### 3.3 ASCENSOR

El ascensor ha sido seleccionado de tal manera que cumpla los requisitos mínimos de accesibilidad. El modelo elegido es el Orona 3G 1010, con doble embarque a 180°. Sus características se detallan en el *Anexo 8. Instalación Eléctrica* del presente proyecto.

En la *Figura 6.3* se muestra una sección del ascensor.



*Figura 6.3. Ascensor Orona 3G 1010. Fuente: Orona*

### 3.2 PASARELA

La pasarela proyectada se encuentra a una altura de 10 m, con una anchura constante de 3 metros, la cual garantiza el paso simultáneo de al menos 3 personas.

Los laterales tienen una altura de 110 cm, cumpliendo así la altura mínima según normativa. Se colocarán doble barandilla a 75 y 90 cm.

En la *Figura 6.4* se muestra una sección de la pasarela.

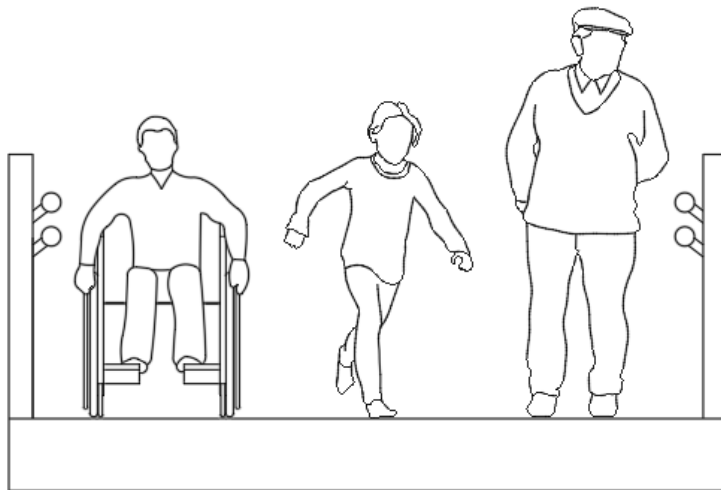


Figura 6.4. Sección de la pasarela. Fuente: autor

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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNO DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA  
**ANEXO 7. BASES DE CÁLCULO  
ESTRUCTURAL**



## ÍNDICE

|  |            |
|--|------------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>                                    | <b>115</b> |
| <b>2 DISEÑO DE LA PASARELA .....</b>                           | <b>116</b> |
| <b>3 TIPOLOGÍA DE PUENTES Y SU FUNCIONAMIENTO .....</b>        | <b>117</b> |
| <b>3.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE PASARELA .....</b>                | <b>117</b> |
| <b>3.2 SELECCIÓN DEL MATERIAL CONSTRUCTIVO .....</b>           | <b>118</b> |
| <b>4 NORMATIVA A UTILIZAR .....</b>                            | <b>119</b> |
| <b>4.1 OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN .....</b>                 | <b>119</b> |
| <b>5 PRINCIPIOS GENERALES DE PROYECTO .....</b>                | <b>120</b> |
| <b>5.1 REQUISITOS FUNDAMENTALES .....</b>                      | <b>120</b> |
| <b>5.2 VIDA ÚTIL .....</b>                                     | <b>120</b> |
| <b>5.3 CRITERIOS DE COMPROBACIÓN .....</b>                     | <b>120</b> |
| <b>5.4 SITUACIONES DE PROYECTO .....</b>                       | <b>121</b> |
| <b>5.5 ESTADOS LÍMITE .....</b>                                | <b>121</b> |
| <b>5.5.1 ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS (ELU) .....</b>                | <b>121</b> |
| <b>5.5.2 ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO (ELS) .....</b>            | <b>122</b> |
| <b>5.6 VERIFICACIONES .....</b>                                | <b>122</b> |
| <b>5.6.1 VERIFICACIONES EN ELU .....</b>                       | <b>122</b> |
| <b>5.6.2 VERIFICACIONES EN ELS .....</b>                       | <b>123</b> |
| <b>5.7 CLASIFICACIÓN DE LAS ACCIONES .....</b>                 | <b>123</b> |
| <b>5.8 VALOR DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES .....</b>              | <b>124</b> |
| <b>5.8.1 VALOR DE CÁLCULO PARA COMPROBACIONES EN ELU .....</b> | <b>125</b> |
| <b>6 COMBINACIÓN DE ACCIONES .....</b>                         | <b>128</b> |
| <b>6.1 COMBINACIONES PARA COMPROBACIONES EN ELU .....</b>      | <b>128</b> |
| <b>6.1.1 EN SITUACIÓN PERSISTENTE O TRANSITORIA .....</b>      | <b>128</b> |
| <b>6.1.2 EN SITUACIÓN ACCIDENTAL .....</b>                     | <b>130</b> |
| <b>6.2 COMBINACIONES PARA COMPROBACIONES EN ELS .....</b>      | <b>130</b> |
| <b>7 BASES DE CÁLCULO .....</b>                                | <b>131</b> |
| <b>7.1 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES .....</b>                 | <b>131</b> |
| <b>7.2 ACCIONES PERMANENTES .....</b>                          | <b>132</b> |
| <b>7.2.1 DE VALOR CONSTANTE (G) .....</b>                      | <b>132</b> |
| <b>7.3 ACCIONES VARIABLES .....</b>                            | <b>135</b> |
| <b>7.3.1 SOBRECARGA DE USO .....</b>                           | <b>135</b> |
| <b>7.3.2 VIENTO .....</b>                                      | <b>136</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>7.4 EFECTOS AEROELÁSTICOS.....</b>                  | <b>147</b> |
| <b>7.4.1 NECESIDAD DE COMPROBACIÓN.....</b>            | <b>147</b> |
| <b>7.5 ACCIÓN TÉRMICA.....</b>                         | <b>148</b> |
| <b>7.5.1 ACCIÓN TÉRMICA EN TABLEROS.....</b>           | <b>148</b> |
| <b>7.5.2 NIEVE.....</b>                                | <b>156</b> |
| <b>7.6 ACCIONES ACCIDENTALES.....</b>                  | <b>158</b> |
| <b>7.6.1 IMPACTOS.....</b>                             | <b>158</b> |
| <b>7.7 ACCIÓN SÍSMICA.....</b>                         | <b>159</b> |
| <b>8 JUNTAS.....</b>                                   | <b>160</b> |
| <b>9 ACABADO Y MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURA.....</b> | <b>161</b> |
| <b>9.1 ACERO.....</b>                                  | <b>161</b> |
| <b>9.2 MADERA.....</b>                                 | <b>161</b> |
| <b>9.3 METACRILATO.....</b>                            | <b>162</b> |
| <b>10 PRUEBAS DE CARGA.....</b>                        | <b>163</b> |
| <b>10.1 DESARROLLO DE LA PRUEBA.....</b>               | <b>163</b> |
| <b>10.2 INFORME DE LA PRUEBA DE CARGA.....</b>         | <b>163</b> |
| <b>11 MÉTODO DE MONTAJE.....</b>                       | <b>165</b> |
| <b>11.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO DE MONTAJE.....</b>        | <b>165</b> |

## 1 INTRODUCCIÓN

El objeto del siguiente anexo es describir con detalle la pasarela que conectará la calle Erreketa con la avenida Altos Hornos de Bizkaia, así como la determinación de las acciones que afectarán a la misma para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural y aptitud al servicio.

El cálculo de los elementos de la pasarela se ha llevado a cabo con:

- Instrucción sobre las Acciones a considerar en el Proyecto de Puentes y Carreteras (IAP-11)
- Instrucción de Acero Estructural (EAE 11)
- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE 08)
- Manual de aplicación de las recomendaciones RPM-RPX/95
- Recomendaciones para la realización de Pruebas de Carga de recepción en puentes de carretera.

Para determinar el diseño de la pasarela y su posterior cálculo se ha utilizado el software informático “CYPE 2019.h”.

## 2 DISEÑO DE LA PASARELA

La finalidad de una pasarela peatonal consiste principalmente en evitar un obstáculo, como puede ser un cruce de carreteras, una vía de ferrocarril, el paso de un río, o como en este caso, un desnivel pronunciado.

Para ello, se deben tener en cuenta varios criterios previos al diseño de la pasarela, que serán:

a) Estéticos

Las pasarelas deben integrarse en la medida de lo posible en el entorno que las rodea y tendrán características agradables a la vista.

b) Durabilidad

La vida útil de las pasarelas se establece como mínimo en 50 años, salvo justificación expresa. El proyecto debe considerar este alcance, minimizando los costes de conservación.

c) Constructivos

Los elementos utilizados en la construcción de pasarelas son principalmente prefabricados. Esto hace que los plazos de ejecución disminuyan, y con ello, también lo hagan los costes.

d) Funcionales

En general, las pasarelas están destinadas al uso de peatones y de ciclistas; sin embargo, en algunas ocasiones, es necesario el paso de vehículos de emergencias o de mantenimiento, debiendo considerarse este factor en el diseño de la sección tipo de la pasarela.

e) Económicos

Debe tenerse en cuenta el coste de la estructura, además del mantenimiento necesario y la frecuencia de este, resultando lo más económico posible.

f) Medioambientales

Deberá minimizarse el impacto que la obra pueda ocasionar al medio ambiente, tanto en la fase de ejecución como en el resto de su vida útil.

### 3 TIPOLOGÍA DE PUENTES Y SU FUNCIONAMIENTO

Para decidir la geometría de la pasarela hay que tener en cuenta las distintas tipologías de puentes dependiendo del uso que se les vaya a dar y de su función durante su vida útil. Se pueden destacar:

- Puentes rectos o vigas

Los vanos de esta tipología son soportados por vigas en forma de I, en forma de cajón, etc. Son construidos normalmente en madre, acero u hormigón, ya sea armado pretensado o postensado. Se emplean en luces cortas e intermedias siendo un uso muy típico en pasarelas peatonales.

- Puentes en arco

Tienen situados sus apoyos en los extremos de la luz a salvar, entre los cuales se dispone una estructura con forma de arco con la que se transmiten las cargas. Suelen ser construidos en acero u hormigón y son utilizados para salvar grandes luces. Su uso normalmente va dedicado a la creación de viaductos de canales y carreteras.

- Puentes colgantes

El tablero de este puente se sujeta mediante cables en vez de ir apoyado sobre pilas. Construidos generalmente en acero, la cantidad de material utilizado es menor que en el resto de las tipologías, logrando salvar luces mucho mayores.

- Puentes atirantados

Se diferencian de los colgantes en que los cables principales se disponen de pila a pila sosteniendo el tablero mediante cables secundarios. También suelen ser construidos en acero y alcanzan grandes luces.

#### 3.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE PASARELA

Vistas las distintas tipologías de puentes y sus respectivas formas de trabajo, se tratará de elegir la más adecuada para este caso.

Dado que la luz a superar no es muy alta, y va a tener condiciones de trabajo favorables, la tipología seleccionada es la de puente recto o puente viga.

La pasarela irá soportada por un pilar que dará cobijo al ascensor en un extremo, y apoyada sobre el terreno en el otro extremo.

### **3.2 SELECCIÓN DEL MATERIAL CONSTRUCTIVO**

Se ha decidido ejecutar la estructura con acero, que debido a su alta resistencia es apto para soportar cargas elevadas con una sección reducida, lo que permitirá salvar la luz necesaria reduciendo mucho el impacto visual.

Además, la economía y la rapidez de montaje del acero lo convierten en un material ideal para este tipo de construcciones.

Para la cimentación se empleará hormigón en forma de losas, que garantizará la transmisión de las cargas de la estructura al terreno.

## **4 NORMATIVA A UTILIZAR**

Para la determinación de las acciones sobre los diferentes elementos estructurales que componen la estructura se ha tomado como referencia la normativa IAP-11.

### **4.1 OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN**

La instrucción IAP-11 tiene por objeto la determinación de las acciones, los coeficientes de ponderación y las combinaciones de acciones que deben tenerse en cuenta en el proyecto de puentes y otras estructuras de la red de carreteras del Estado. Además, se incluyen algunos criterios funcionales que tengan que cumplir los puentes, con independencia de los materiales que los constituyan.

También será de aplicación esta instrucción al proyecto de estructuras asimilables a los puentes (tales como falsos túneles, pontones o tajeas), a pasarelas peatonales, y a las obras de acompañamiento, como las escaleras, rampas de acceso y muros.

Del mismo modo, esta Instrucción podrá aplicarse en las comprobaciones correspondientes a la evaluación, ampliación o refuerzo de puentes existentes, con las especificaciones complementarias, o modificaciones de las prescripciones recogidas en él, que la Dirección General de Carreteras establezca específicamente para cada caso.

La IAP-11 se aplicará de forma complementaria con el resto de la normativa vigente que tenga en su ámbito de aplicación los puentes y sus materiales constituyentes.

## 5 PRINCIPIOS GENERALES DE PROYECTO

### 5.1 REQUISITOS FUNDAMENTALES

La instrucción se ha redactado teniendo en cuenta los requisitos fundamentales siguientes:

- Una estructura debe ser proyectada y construida para que, con una probabilidad razonable, sea capaz de soportar todas las acciones que puedan solicitarla durante su construcción y uso, en el periodo de vida previsto, y de cumplir la función para la que haya sido construida con unos costes de conservación tolerables.
- Una estructura debe, también, ser concebida de manera que los resultados de acciones excepcionales, como sismos o impactos, no produzcan daños desproporcionados con la causa que los ha originado (requisito de robustez).

Para alcanzar los niveles de seguridad adoptados en esta Instrucción, además de las preinscripciones en ella establecidas, deberán cumplirse los principios siguientes:

- Los puentes serán proyectados por ingenieros con capacidad y experiencia suficiente.
- La construcción será realizada por técnicos y operarios con los conocimientos y la experiencia necesarios.
- Los materiales y productos utilizados cumplirán las prescripciones establecidas en sus correspondientes reglamentos técnicos o, en su defecto, normas.
- Existirán controles de calidad adecuados durante todo el proceso de proyecto y ejecución de la estructura.
- La estructura estará destinada al uso para el que haya sido proyectada y construida.
- La estructura será conservada adecuadamente.

### 5.2 VIDA ÚTIL

Se entiende por vida útil de una estructura el periodo de tiempo, a partir de la fecha en que finaliza su ejecución, durante el cual debe cumplir la función para la que fue construida, contando siempre con la conservación adecuada, pero sin requerir operaciones significativas de rehabilitación. Para los puentes de carretera objeto de esta Instrucción, se establece una vida útil de proyecto de cien (100) años.

### 5.3 CRITERIOS DE COMPROBACIÓN

Las comprobaciones estructurales estarán basadas en la teoría de los estados límite y su verificación mediante el método de los coeficientes parciales de seguridad. En cada situación de proyecto, se comprobará que no se supera ninguno de los estados límite que proceda.



## 5.4 SITUACIONES DE PROYECTO

Una situación de proyecto de una estructura se define como el conjunto de condiciones físicas que pueden presentarse durante un cierto intervalo de tiempo sobre la estructura. Se comprobará que la estructura no falla ante ninguna de las posibles situaciones de manera independiente. La instrucción contempla las siguientes situaciones:

- Situaciones persistentes.  
Corresponden a las condiciones de uso normales de la estructura en su vida útil.
- Situaciones transitorias.  
Se producen cuando las condiciones de uso o estado son temporales, como puede ser durante su construcción o reparación, y para las que se considerará el correspondiente periodo de duración.
- Situaciones accidentales.  
Corresponden a condiciones excepcionales aplicables a la estructura. Por ejemplo, las provocadas por un impacto o por el fallo de algún elemento.
- Situaciones sísmicas.  
Corresponden a condiciones excepcionales aplicables a la estructura durante un evento sísmico. La situación sísmica se distingue del resto de situaciones accidentales debido a que en ella se establecen diferentes niveles de magnitud de la acción en función de los requisitos de seguridad o de servicio.

## 5.5 ESTADOS LÍMITE

Se definen como estados límite aquellas condiciones para las que puede considerarse que, de ser superadas, la estructura no cumple alguno de los requisitos de proyecto.

A efectos de aplicación de esta Instrucción, los estados límite se clasifican en estados límite último y estados límite de servicio.

### 5.5.1 ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS (ELU)

Son aquellos tales que, si se sobrepasan, se produce el agotamiento o colapso de la estructura o de una parte de ella. A efectos de aplicación de esta Instrucción, en función del tipo de estructura, se deberán considerar los siguientes:

- ELU de equilibrio (EQU), por pérdida de estabilidad estática de una parte o del conjunto de la estructura, considerada como un cuerpo rígido. Se caracteriza porque pequeñas variaciones en el valor o en la distribución espacial de acciones con un mismo origen resultan significativas y porque la resistencia de los materiales estructurales o del terreno no son en general determinantes.
- ELU de rotura (STR), por agotamiento resistente o deformación plástica excesiva, donde la resistencia de los materiales estructurales es determinante.

- ELU de fatiga (FAT), relacionado con los daños que pueda sufrir una estructura o cualquiera de sus elementos como consecuencia de solicitaciones variables repetidas.

Los estados límite últimos de tipo geotécnico, cuya ocurrencia está controlada principalmente por las características del terreno, tales como socavación de cimientos, inestabilidad global o hundimiento por falta de capacidad de soporte del terreno, entre otros, no son objeto de esta Instrucción.

Sin embargo, la verificación de los ELU de rotura de algunos elementos estructurales llevará aparejada la inclusión de determinadas consideraciones de tipo geotécnico.

### 5.5.2 ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO (ELS)

Son aquellos tales que, si sobrepasan, la estructura dejará de cumplir el cometido para el que fue proyectada por razones funcionales, de durabilidad, o de aspecto, sin que ello suponga el colapso de la misma. A efectos de aplicación de esta Instrucción, en función del tipo de estructura, se deberán considerar los siguientes:

- ELS de fisuración que afecte a la durabilidad o estética del puente.
- ELS de deformación que afecte a la apariencia o funcionalidad de la obra, o que cause daño a elementos no estructurales.
- ELS de vibraciones que no sean aceptables para los usuarios del puente o que puedan afectar a su funcionalidad o provocar daños en elementos no estructurales.
- ELS de plastificaciones en zonas localizadas de la estructura que puedan provocar daños o deformaciones irreversibles.
- ELS de deslizamiento en uniones mediante tornillos de alta resistencia.

Los estados límite de servicio se pueden clasificar en reversibles e irreversibles. Los primeros son aquéllos que dejan de ser superados cuando desaparece la acción que los provoca. Los estados límite de servicio irreversibles son aquéllos que, una vez superados, se mantienen de forma permanente, incluso si se elimina la acción que los ha provocado.

## 5.6 VERIFICACIONES

### 5.6.1 VERIFICACIONES EN ELU

Para verificar el ELU de equilibrio, se debe satisfacer la condición siguiente:

$$E_{d,dst} < E_{d,stb}$$

Siendo:

- $E_{d,dst}$  : valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras.
- $E_{d,stb}$  : valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras.

Para verificar el resto de los ELU, salvo el de fatiga, se debe satisfacer la siguiente condición:

$$E_d \leq R_d$$

Siendo:

- $E_d$ : valor de cálculo del efecto de las acciones.
- $R_d$ : valor de cálculo de la resistencia correspondiente.

La verificación del ELU de fatiga se efectuará de acuerdo con los criterios recogidos en la normativa específica de cada material estructural.

### 5.6.2 VERIFICACIONES EN ELS

Para verificar el ELS, se debe satisfacer la condición siguiente:

$$E_d \leq C_d$$

Siendo:

- $E_d$ : valor de cálculo del efecto de las acciones.
- $C_d$ : valor de cálculo del efecto de las acciones para el ELS considerado.

### 5.7 CLASIFICACIÓN DE LAS ACCIONES

Las acciones se pueden clasificar atendiendo a:

- a) Su naturaleza:
  - Acción directa: fuerza aplicada sobre la estructura (peso propio, sobrecargas de uso, etc.).
  - Acción indirecta: una deformación o una aceleración impuesta a la estructura (acciones reológicas, térmicas, sísmicas, asientos, etc).
- b) Su variación en el tiempo:
  - Acciones permanentes de valor constante (G): son las que actúan en todo momento y son constantes en posición y magnitud, para una situación de proyecto determinada (peso propio de la estructura, del pavimento y de los elementos funcionales, etc.).
  - Acciones permanentes de valor no constante ( $G^*$ ): son las que actúan en todo momento, pero cuya magnitud no es constante.  
En este grupo se incluyen aquellas acciones cuya variación sea función del tiempo transcurrido y se produzca en un único sentido, tendiendo hacia un determinado valor límite (acciones reológicas, pretensado, asientos del terreno bajo las cimentaciones, etc.).

También se incluyen otras acciones originadas por el terreno cuya magnitud no varía en función del tiempo, sino de la interacción terreno- estructura (por ejemplo, empujes sobre elementos verticales).

- Acciones variables (Q): son acciones externas a la estructura que pueden actuar o no, y, si lo hacen pueden tener diferentes valores (sobrecargas de uso, acciones climáticas, etc).
- Acciones accidentales (A): son acciones de corta duración cuya probabilidad de actuación durante la vida útil de la estructura es pequeña, pero cuyos efectos pueden ser considerables (impactos de vehículos, sismos, avenidas de periodo de retorno importante, etc).

c) Su variación espacial:

- Acciones fijas: son las que se aplican siempre en la misma posición (por ejemplo, el peso propio de los elementos estructurales y de algunos elementos funcionales).
- Acciones libres: son las que pueden actuar en diferentes posiciones (por ejemplo, las sobrecargas de uso).

d) La respuesta estructural que producen:

- Acciones estáticas o casi estáticas: son las que no provocan oscilaciones o vibraciones significativas en la estructura o en sus elementos estructurales.
- Acciones dinámicas: son las que pueden originar oscilaciones o vibraciones significativas en la estructura o en sus elementos estructurales.

El valor característico de una acción, que es su principal valor representativo puede venir determinado por un valor medio, un valor nominal (definido por medio de criterios determinísticos o apriorísticos) o, en los casos en que se fije mediante criterios estadísticos, por el correspondiente a una determinada probabilidad de no ser superado durante un periodo de referencia teniendo en cuenta la vida útil de la estructura y la duración de la situación de proyecto.

## 5.8 VALOR DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES

El valor de cálculo de una acción se obtiene multiplicando su valor representativo por el correspondiente coeficiente parcial  $\gamma_F$ .

Los coeficientes  $\gamma_F$  tendrán valores diferentes según la situación de proyecto de que se trate (bien persistente o transitoria, bien accidental o sísmica) y según el estado limite objeto de comprobación (equilibrio de la estructura o comprobaciones resistentes).

Los valores de coeficientes dados en los apartados siguientes, tienen en cuenta las incertidumbres tanto en la estimación del valor representativo de las acciones como en la modelización efecto de las acciones.

## 5.8.1 VALOR DE CÁLCULO PARA COMPROBACIONES EN ELU

### 5.8.1.1 EN SITUACIÓN PERSISTENTE O TRANSITORIA

#### 5.8.1.1.1 Comprobaciones de equilibrio (EQU)

Se adoptarán los valores de los coeficientes parciales  $\gamma_F$  indicados en la *Tabla 7.1*.

|                     | ACCIÓN                             | EFECTO             |                    |
|---------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|
|                     |                                    | ESTABILIZADOR      | DESESTABILIZADOR   |
| Permanente (G y G*) | Peso propio                        | 0,9 <sup>(1)</sup> | 1,1 <sup>(1)</sup> |
|                     | Carga muerta                       | 0,9 <sup>(1)</sup> | 1,1 <sup>(1)</sup> |
|                     | Empuje del terreno                 | 1,0                | 1,5                |
| Variable (Q)        | Sobrecarga de uso                  | 0                  | 1,35               |
|                     | Sobrecarga de uso en terraplenes   | 0                  | 1,5                |
|                     | Acciones climáticas <sup>(2)</sup> | 0                  | 1,5                |
|                     | Empuje hidrostático                | 0                  | 1,5                |
|                     | Empuje hidrodinámico               | 0                  | 1,5                |
|                     | Sobrecargas de construcción        | 0                  | 1,35               |

- (1) Los valores de 0,9 y 1,1 podrán sustituirse por 0,95 y 1,05 respectivamente, si se prevé la colocación de sistemas de control que permitan conocer, durante la ejecución de la obra, el valor de las fuerzas de desequilibrio y si se pueden adoptar las medidas correctoras necesarias para mantener este valor dentro de los límites que garanticen la seguridad de todos los elementos de la estructura afectados por esta acción. Los equipos y sistemas de control deberán ser definidos y valorados en los diferentes documentos del proyecto, de forma que sea preceptiva su instalación en la obra, incluyéndose una descripción detallada de las medidas correctoras que deberán adoptarse caso de ser necesarias.
- (2) Por acciones climáticas se entiende la acción térmica, el viento y la nieve.

Tabla 23. Coeficientes parciales para las acciones  $\gamma_F$  (Para la comprobación del ELU de equilibrio).

Fuente: IAP-11

#### 5.8.1.1.2 Comprobaciones resistentes (STR)

Se adoptarán los valores de los coeficientes parciales  $\gamma_F$  indicados en la *Tabla 7.2*.

| ACCIÓN                                |                                  | EFECTO    |   |
|---------------------------------------|----------------------------------|-----------|---|
|                                       |                                  | FAVORABLE | DESFAVORABLE                                  |
| Permanente de valor constante (G)     | Peso propio                      | 1,0       | 1,35  |
|                                       | Carga muerta                     | 1,0       | 1,35  |
| Permanente de valor no constante (G*) | Pretensado $P_1$                 | 1,0       | 1,0 / 1,2 <sup>(1)</sup> / 1,3 <sup>(2)</sup> |
|                                       | Pretensado $P_2$                 | 1,0       | 1,35  |
|                                       | Otras presolicitaciones          | 1,0       | 1,0   |
|                                       | Reológicas                       | 1,0       | 1,35  |
|                                       | Empuje del terreno               | 1,0       | 1,5   |
|                                       | Asientos                         | 0         | 1,2 / 1,35 <sup>(3)</sup>                     |
|                                       | Rozamiento de apoyos deslizantes | 1,0       | 1,35  |
| Variable (Q)                          | Sobrecarga de uso                | 0         | 1,35  |
|                                       | Sobrecarga de uso en terraplenes | 0         | 1,5   |
|                                       | Acciones climáticas              | 0         | 1,5   |
|                                       | Empuje hidrostático              | 0         | 1,5   |
|                                       | Empuje hidrodinámico             | 0         | 1,5   |
|                                       | Sobrecargas de construcción      | 0         | 1,35  |

- (1) El coeficiente  $\gamma_{G^*} = 1,2$  será de aplicación al pretensado  $P_1$  en el caso de verificaciones locales tales como la transmisión de la fuerza de pretensado al hormigón en zonas de anclajes, cuando se toma como valor de la acción el que corresponde a la carga máxima (tensión de rotura) del elemento a tesar.
- (2) El coeficiente  $\gamma_{G^*} = 1,3$  se aplicará al pretensado  $P_1$  en casos de inestabilidad (pandeo) cuando ésta pueda ser inducida por el axil debido a un pretensado exterior.
- (3) El coeficiente  $\gamma_{G^*} = 1,35$  corresponde a una evaluación de los efectos de los asientos mediante un cálculo elasto-plástico, mientras que el valor  $\gamma_{G^*} = 1,2$  corresponde a un cálculo elástico de esfuerzos.

Tabla 7.24. Coeficientes *parciales* para las acciones  $\gamma_F$  (Para las comprobaciones resistentes). Fuente: IAP-11

### 5.8.1.1.3 Comprobaciones de fatiga (FAT)

Teniendo en cuenta que las comprobaciones de fatiga están profundamente ligadas al material estructural, los coeficientes parciales serán los recogidos por la normativa específica correspondiente.

### 5.8.1.2 EN SITUACIÓN ACCIDENTAL

Tanto para las comprobaciones de equilibrio (EQU) como resistentes (STR), se considerarán directamente como valores de cálculo los definidos para las acciones debidas a impactos y para otras acciones accidentales en la normativa.

#### 5.8.1.2.1 Valor de cálculo para comprobaciones en ELS

Para las comprobaciones en estado límite de servicio, se adoptarán los valores de los coeficientes parciales  $\gamma_F$  indicados en la *Tabla 7.3*.

|                                       | ACCIÓN                           | EFECTO             |                    |
|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------------------|
|                                       |                                  | FAVORABLE          | DESFAVORABLE       |
| Permanente de valor constante (G)     | Peso propio                      | 1,0                | 1,0                |
|                                       | Carga muerta                     | 1,0                | 1,0                |
| Permanente de valor no constante (G*) | Pretensado $P_1$                 | 0,9 <sup>(1)</sup> | 1,1 <sup>(1)</sup> |
|                                       | Pretensado $P_2$                 | 1,0                | 1,0                |
|                                       | Otras presolicitaciones          | 1,0                | 1,0                |
|                                       | Reológicas                       | 1,0                | 1,0                |
|                                       | Empuje del terreno               | 1,0                | 1,0                |
|                                       | Asientos                         | 0                  | 1,0                |
|                                       | Rozamiento de apoyos deslizantes | 1,0                | 1,0                |
|                                       | Variable (Q)                     | Sobrecarga de uso  | 0                  |
|                                       | Sobrecarga de uso en terraplenes | 0                  | 1,0                |
|                                       | Acciones climáticas              | 0                  | 1,0                |
|                                       | Empuje hidrostático              | 0                  | 1,0                |
|                                       | Empuje hidrodinámico             | 0                  | 1,0                |
|                                       | Sobrecargas de construcción      | 0                  | 1,0                |

(1) Para la acción del pretensado se tomarán los coeficientes que indique la EHE-08 o normativa que la sustituya. En la tabla figuran los valores que la EHE-08 recoge para el caso de estructuras postesas. En el caso de estructuras pretesas, los coeficientes parciales son 0,95 y 1,05 para efecto favorable y desfavorable, respectivamente.

Tabla 7.25. Coeficientes parciales para las acciones  $\gamma_F$  (ELS). Fuente: IAP-11

## 6 COMBINACIÓN DE ACCIONES

Para cada situación de proyecto se identificarán las hipótesis de carga críticas y, para cada una de ellas, el valor de cálculo del efecto de las acciones se obtendrá combinando las acciones que puedan actuar simultáneamente, según los criterios generales que se indican en este apartado.

Las combinaciones de acciones para las comprobaciones a fatiga serán las indicadas en la normativa específica correspondiente a cada material estructural.

### 6.1 COMBINACIONES PARA COMPROBACIONES EN ELU

Las combinaciones de acciones a tener en cuenta para las verificaciones en ELU, excluida la fatiga, serán las indicadas a continuación:

#### 6.1.1 EN SITUACIÓN PERSISTENTE O TRANSITORIA

La combinación de acciones se hará de acuerdo con la expresión siguiente (combinación fundamental):

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

donde:

|                      |   |
|----------------------|---|
| $G_{k,j}$            | valor característico de cada acción permanente  |
| $G_{k,m}^*$          | valor característico de cada acción permanente de valor no constante                          |
| $Q_{k,1}$            | valor característico de la acción variable dominante  |
| $\psi_{0,i} Q_{k,i}$ | valor de combinación de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante |
| $\gamma_G, \gamma_Q$ | coeficientes parciales  |

Deberán realizarse tantas hipótesis o combinaciones como sea necesario, considerando, en cada una de ellas, una de las acciones variables como dominantes y el resto como concomitantes.

Al combinar las diferentes acciones variables, se tendrán en cuenta las prescripciones siguientes:

- La sobrecarga de uso estará representada, para su combinación con el resto de las acciones, mediante los grupos de cargas definidos en la *Tabla 7.4*, los cuales son excluyentes entre sí.
- Cuando se considere el viento transversal sobre el tablero, se considerará la actuación simultánea de la componente vertical del viento y el momento de vuelco correspondiente.



- Cuando se considere el viento longitudinal sobre el tablero, no se considerará la actuación simultánea del viento transversal, ni el empuje vertical, ni el momento de vuelco correspondiente.
- Cuando se considere la acción del viento como predominante, no se tendrá en cuenta la actuación de la sobrecarga de uso.
- Cuando se considere la sobrecarga de uso como predominante, se considerará el viento concomitante correspondiente.
- Cuando se considere el grupo de cargas de tráfico *gr 2* (fuerzas horizontales con su valor característico), no se considerará la actuación del viento ni de la nieve.
- No se considerará la acción simultánea del viento y de la acción térmica.
- En general, no se considerará la acción simultánea de la carga de nieve y la sobrecarga de uso salvo en zonas de alta montaña, en cuyo caso se estudiará para el proyecto concreto la distribución espacial y la concomitancia de ambas acciones.

| GRUPOS DE CARGAS <sup>(1)</sup>       | PLATAFORMA   |  |  |  |  | ACERAS                                     |
|---------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
|                                       | CARGAS VERTICALES                                  |  |  | FUERZAS HORIZONTALES                       |  | CARGAS VERTICALES                          |
|                                       | VEHÍCULOS PESADOS                                  | SOBRECARGA UNIFORME                                | AGLOMERACIÓN DE PERSONAS                   | FRENADO Y ARRANQUE                         | FUERZA CENTRIFUGA Y TRANSVERSAL            |  |
| <b>gr 1</b><br>(Cargas verticales)    | Valor característico<br>(apartado 4.1.2.1)         | Valor característico<br>(apartado 4.1.2.1)         | -  | -  | -  | Valor reducido:<br>2,5 kN/m <sup>2</sup>   |
| <b>gr 2</b><br>(Fuerzas horizontales) | Valor reducido <sup>(2)</sup> :<br>$\psi_1 Q_{ik}$ | Valor reducido <sup>(2)</sup> :<br>$\psi_1 q_{ik}$ | -  | Valor característico<br>(apartado 4.1.3.1) | Valor característico<br>(apartado 4.1.3.2) | -  |
| <b>gr 3</b><br>(Peatones)             | -  | -  | -  | -  | -  | Valor característico<br>(apartado 4.1.2.2) |
| <b>gr 4</b><br>(Aglomeraciones)       | -  | -  | Valor característico<br>(apartado 4.1.2.2) | -  | -  | Valor característico<br>(apartado 4.1.2.2) |

(1) La denominación de los grupos de cargas hace referencia a la componente dominante del grupo

(2) Se define como valor reducido el que corresponde al valor frecuente que figura en la *tabla 6.1-a*, es decir:

$\psi_1 = 0,75$  para los vehículos pesados

$\psi_1 = 0,40$  para la sobrecarga uniforme

Tabla 7.26. Grupos de cargas de tráfico. Concomitancia de las diferentes componentes de la sobrecarga de uso.

Fuente: IAP-11

### 6.1.2 EN SITUACIÓN ACCIDENTAL

La combinación de acciones en situación accidental se hará de acuerdo con la expresión siguiente:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} G_{k,m}^* + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} + A_d$$

donde:

- $G_{k,j}$  valor representativo de cada acción permanente
- $G_{k,m}^*$  valor representativo de cada acción permanente de valor no constante
- $\psi_{1,1} Q_{k,1}$  valor frecuente de la principal acción variable concomitante con la acción accidental
- $\psi_{2,i} Q_{k,i}$  valor casi-permanente del resto de las acciones variables concomitantes
- $A_d$  valor de cálculo de la acción accidental

En general, en situación accidental, no se considera la actuación del viento ni de la nieve.

### 6.2 COMBINACIONES PARA COMPROBACIONES EN ELS

Según el estado límite de servicio que se vaya a verificar, se adoptará una de los tres tipos de combinación de acciones indicados a continuación:

- Combinación característica (poco probable o rara):

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

Esta combinación, que coincide formalmente con la combinación fundamental de ELU, se utiliza en general para la verificación de ELS irreversibles.

- Combinación frecuente:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Esta combinación se utiliza en general para la verificación de ELS reversibles.

- Combinación casi-permanente:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Esta combinación se utiliza también para la verificación de algunos ELS reversibles y para la evaluación de los efectos diferidos.

## 7 BASES DE CÁLCULO

En el presente apartado se van a mostrar los cálculos realizados para llevar a cabo la estructura metálica.

Ya que realizar los cálculos de la estructura como un todo uno suponía una gran complejidad, se ha decidido dividirla de la siguiente forma:

- Estructura de tablero.
- Estructura de ascensor.

A continuación, se obtendrán las acciones de cálculo que afectarán a la estructura, que más adelante serán introducidas en el programa de cálculo Cype para verificar la validez de la estructura.

En la *Figura 7.1* se pueden observar las dimensiones de la estructura, para facilitar el seguimiento de los cálculos.

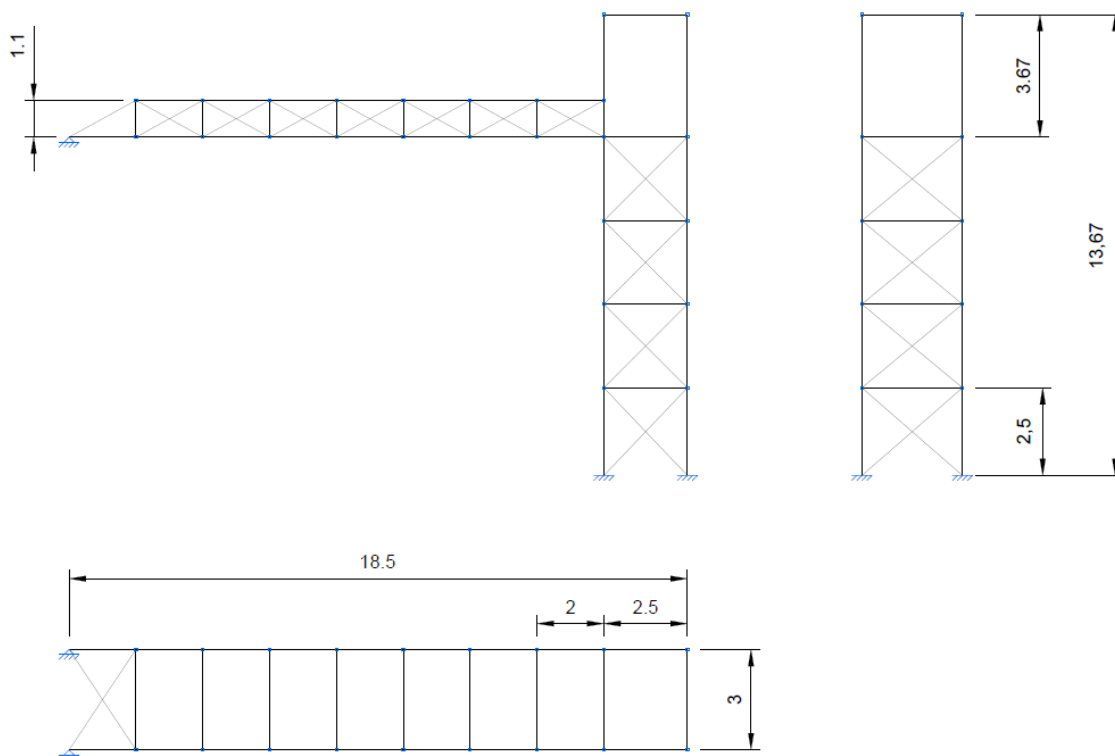


Figura 7.46. Dimensiones de la estructura. Fuente: autor

### 7.1 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES

Los materiales que se van a utilizar tanto para la construcción metálica como su cimentación son los siguientes:

a) Acero:

Se utilizarán perfiles y placas de anclaje, así como rigidizadores, de acero S275JR, cuyas características son las siguientes:

- Tensión de límite elástico: 275 N/mm<sup>2</sup>.
- Tensión de rotura: 410 N/mm<sup>2</sup>.

b) Hormigón:

Para la cimentación se va a utilizar un HA-25, que cuenta con las siguientes características:

- Resistencia a tracción: 2,6 N/mm<sup>2</sup>.
- Peso específico: 25 kN/m<sup>3</sup>.

## 7.2 ACCIONES PERMANENTES

### 7.2.1 DE VALOR CONSTANTE (G)

Las cargas permanentes son producidas por el peso de los distintos elementos que forman parte del puente. A efectos de aplicación de esta Instrucción se clasifican en peso propio y cargas muertas.

Su valor característico se deducirá de las dimensiones de los elementos especificados en los planos, y de los pesos específicos correspondientes.

Salvo justificación expresa, se tomarán para los materiales de construcción más usuales los pesos específicos de la Tabla 7.5.

|  |             |
|--|-------------|
| Fundición  | 72,5        |
| Acero  | 78,5        |
| Aluminio   | 27,0        |
| Madera seca  | 6,0 a 9,0   |
| Madera húmeda  | 10,5        |
| Hormigón en masa   | 23,0 a 24,0 |
| Hormigón armado y pretensado                                 | 25,0        |
| Elementos de basalto, pórfidos y ofitas                      | 31,0        |
| Elementos de granito o caliza                                | 30,0        |
| Materiales granulares y rellenos (zahorras, gravas y arenas) | 20,0        |
| Pavimentos de mezcla bituminosa                              | 23,0        |
| Material elastomérico  | 15,0        |
| Poliestireno expandido                                       | 0,3         |
| Vidrio   | 25,0        |

Tabla 7.27. Pesos específicos de diversos materiales ( $kN/m^3$ ). Fuente: IAP-11

### 7.2.1.1 PESO PROPIO

Esta acción corresponde al peso de los elementos estructurales, como pilares, vigas y arriostramientos. No será necesario calcularla, ya que el software utilizado lo considera automáticamente a partir de la descripción de los perfiles.

### 7.2.1.2 CARGAS MUERTAS

Son las debidas a los elementos no estructurales que gravitan sobre los estructurales. En esta estructura, las cargas muertas son producidas por el pavimento de madera y las barandillas a ambos lados del tablero.

### ESTRUCTURA DE LA PASARELA

- Pavimento de madera

Se tomará el peso específico de la madera seca de la *Tabla 7.5*, siendo  $9 kN/m^3$  el mayor del intervalo. Por tanto:

$$\begin{aligned}
 9 \frac{kN}{m^3} \cdot 0,02 m &= 0,18 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,5m \cdot 2m = 0,54kN \cdot \frac{1}{7 m} = \\
 &= 0,0771 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,00771 \frac{t}{m}}
 \end{aligned}$$

- Barandillas de aluminio

Según la Tabla 7.5, se considerará para el aluminio un peso específico de  $27 \text{ kN/m}^3$ .

$$27 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot \pi \cdot (0,03 \text{ m})^2 = 0,0763 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \mathbf{0,00763 \frac{t}{m}}$$

La carga muerta total sobre el tablero será:

$$0,00771 \frac{t}{m} + 0,00763 \frac{t}{m} = \mathbf{0,01534 \frac{t}{m}}$$

Esta carga gravitará sobre las vigas horizontales del tablero. Por tanto, quedará una carga uniformemente repartida entre ellas.

### ESTRUCTURA DEL ASCENSOR

Para calcular la carga correspondiente a cada paño se deberán tener en cuenta sus medidas. Por tanto, se determinarán 5 tipos de paños de diferentes dimensiones.

Se tomará un peso específico para el metacrilato de  $25 \text{ kN/m}^3$ .

Paño 1:

$$\begin{aligned}
 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,015 \text{ m} &= 0,375 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} = 2,8125 \text{ kN} \cdot \frac{1}{11 \text{ m}} = \\
 &= 0,2557 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \mathbf{0,02557 \frac{t}{m}}
 \end{aligned}$$

Paño 2:

$$\begin{aligned}
 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,015 \text{ m} &= 0,375 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3 \text{ m} \cdot 3,6 \text{ m} = 4,05 \text{ kN} \cdot \frac{1}{13,2 \text{ m}} = \\
 &= 0,3068 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \mathbf{0,03068 \frac{t}{m}}
 \end{aligned}$$

Paño 3:

$$\begin{aligned}
 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,015 \text{ m} &= 0,375 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 3,6 \text{ m} = 3,375 \text{ kN} \cdot \frac{1}{12,2 \text{ m}} = \\
 &= 0,2766 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \mathbf{0,02766 \frac{t}{m}}
 \end{aligned}$$

Paño 4:

$$\begin{aligned}
 25 \frac{kN}{m^3} \cdot 0,015 m &= 0,375 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m \cdot 2,5 m = 2,8125 kN \cdot \frac{1}{11 m} = \\
 &= 0,2557 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,02557 \frac{t}{m}}
 \end{aligned}$$

Paño 5:

$$\begin{aligned}
 25 \frac{kN}{m^3} \cdot 0,015 m &= 0,375 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,5 m \cdot 2,5 m = 2,3438 kN \cdot \frac{1}{10 m} = \\
 &= 0,2344 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,02344 \frac{t}{m}}
 \end{aligned}$$

## 7.3 ACCIONES VARIABLES

### 7.3.1 SOBRECARGA DE USO

Según la IAP-11, en las zonas de uso peatonal de los puentes (aceras, rampas y escaleras), se supondrá aplicada una sobrecarga uniforme de 5 kN/m<sup>2</sup> en las zonas más desfavorables, longitudinal y transversalmente, para el efecto en estudio.

En puentes en los que sean de prever aglomeraciones de personas, se considerará la actuación de la sobrecarga uniforme de 5 kN/m<sup>2</sup> en lugar de las cargas verticales debidas al tráfico de vehículos. Esta carga, prevista a efectos de comprobaciones generales, estará asociada únicamente a situaciones de cálculo transitorias.

Por tanto, en pasarelas se considerará la acción simultánea de las cargas siguientes:

- a) Una carga vertical uniformemente distribuida  $q_{fk}$  de valor igual a 5 kN/m<sup>2</sup>.
- b) Una fuerza horizontal longitudinal  $Q_{fik}$  de valor igual al 10% del total de la carga vertical uniformemente distribuida, actuando en el eje del tablero al nivel de la superficie del pavimento.

Ambas cargas se considerarán como una acción única, cuyo valor constituye el valor característico de la sobrecarga de uso cuando se combina con el resto de acciones (cargas permanentes, viento, etc.).

La fuerza horizontal  $Q_{fik}$  será en general suficiente para asegurar la estabilidad horizontal longitudinal de la pasarela; no así la estabilidad horizontal transversal, que deberá asegurarse mediante la consideración de las acciones correspondientes.

Por tanto, la acción por sobrecarga de uso a considerar en el tablero será:

$$5 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,5 m \cdot 2 m = 15 kN \cdot \frac{1}{7 m} = 2,143 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,2143 \frac{t}{m}}$$

## 7.3.2 VIENTO

En general, la acción del viento se asimilará a una carga estática equivalente, salvo que sea necesario además considerar los efectos aerolásticos.

Para la obtención de la carga estática equivalente a la acción del viento, se seguirán las indicaciones que figuran en los apartados 7.3.2.1 a 7.3.2.8.

### 7.3.2.1 VELOCIDAD BASICA DEL VIENTO

La velocidad básica fundamental del viento  $v_{b,0}$  es la velocidad media a lo largo de un periodo de 10 minutos, con un periodo de retorno  $T$  de 50 años, medida con independencia de la dirección del viento y de la época del año en una zona plana y desprotegida frente al viento, equivalente a un entorno de puente tipo II a una altura de 10 m sobre el suelo.

A partir de la velocidad básica fundamental del viento, se obtendrá la velocidad básica  $v_b$  mediante la expresión:

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

donde:

- $v_b$  velocidad básica del viento para un periodo de retorno de 50 años [m/s]
- $C_{dir}$  factor direccional del viento que, a falta de estudios más precisos, puede tomarse igual a 1,0
- $C_{season}$  factor estacional del viento que, a falta de estudios más precisos, puede tomarse igual a 1,0
- $v_{b,0}$  velocidad básica fundamental del viento [m/s] (según el mapa de isotacas de la *figura 7.1*)

Como el proyecto se sitúa en el País Vasco, de la *Figura 7.2* podemos tomar una velocidad básica fundamental del viento  $v_{b,0}$  de 29 m/s.

Por tanto, la velocidad básica del viento será:

$$v_b = 1 \cdot 1 \cdot 29 = 29 \frac{m}{s}$$



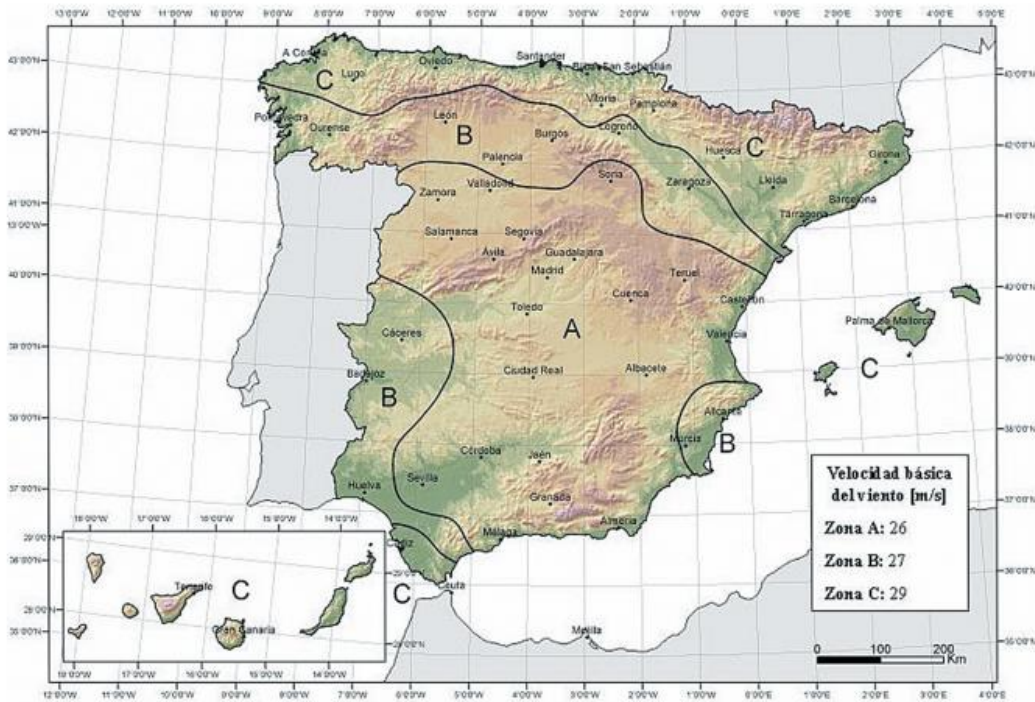


Figura 7.47. Mapa de isotacas para la obtención de la velocidad básica fundamental del viento  $v_{b,0}$ .

Fuente: IAP-11

Para un período de retorno diferente de 50 años, la velocidad básica del viento  $v_b(T)$  será:

$$v_b(T) = v_b c_{prob}$$

donde:

$v_b(T)$  velocidad básica del viento [m/s] para un periodo de retorno  $T$

$T$  periodo de retorno [años]

$c_{prob}$  factor de probabilidad, obtenido de la siguiente fórmula:

$$c_{prob} = \left[ \frac{1 - K \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right] \right]^n}{1 - K \ln \left[ -\ln(0,98) \right]} \right]$$

tomando para los parámetros  $K$  y  $n$  los valores siguientes:  $K = 0,2$  y  $n = 0,5$

Para las situaciones persistentes, a falta de estudios específicos, se considerará un periodo de retorno de 100 años ( $c_{prob}=1,04$ ).

Para situaciones transitorias, se tomarán los periodos de retorno indicados en la norma IAP-11, salvo que se justifiquen adecuadamente otros valores.

### 7.3.2.2 VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO

La velocidad media del viento  $v_m(z)$  a una altura  $z$  sobre el terreno dependerá de la rugosidad del terreno, de la topografía y de la velocidad básica del viento  $v_b$ , y se determinará según la expresión siguiente:

$$v_m(z) = c_r(z) c_o v_b(T)$$

donde:

$v_b(T)$  velocidad básica del viento [m/s] para un periodo de retorno  $T$

$c_o$  factor de topografía, que se tomará habitualmente igual a 1,0. En valles en los que se pueda producir un encauzamiento del viento actuante sobre el puente, se tomará para  $c_o$  un valor de 1,1. Cuando existan obstáculos naturales susceptibles de perturbar apreciablemente el flujo del viento sobre el puente, el valor de  $c_o$  se determinará mediante un estudio específico

$c_r(z)$  factor de rugosidad obtenido de la siguiente fórmula:

$$c_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{para } z \geq z_{min}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \quad \text{para } z < z_{min}$$

siendo:

$z$  altura del punto de aplicación del empuje de viento respecto del terreno o respecto del nivel mínimo del agua bajo el puente [m]

$k_r$  factor del terreno

$z_0$  longitud de la rugosidad

$z_{min}$  altura mínima

A efectos de calcular los parámetros anteriores, se considerarán los cinco tipos de entorno siguientes:

- Tipo 0: mar o zona costera expuesta al mar abierto.
- Tipo I: lagos o áreas planas y horizontales con vegetación despreciable y sin obstáculos.
- Tipo II: zona rural con vegetación baja y obstáculos aislados (árboles, construcciones pequeñas, etc.), con separaciones de al menos 20 veces la altura de los obstáculos.
- Tipo III: zona suburbana, forestal o industrial con construcciones y obstáculos aislados con una separación máxima de 20 veces la altura de los obstáculos.
- Tipo IV: zona urbana en la que al menos el 15% de la superficie esté edificada y la altura media de los edificios exceda de 15 m.

| TIPO DE ENTORNO | $k_r$ | $z_0$ [m] | $z_{min}$ [m] |
|-----------------|-------|-----------|---------------|
| 0               | 0,156 | 0,003     | 1             |
| I               | 0,170 | 0,01      | 1             |
| II              | 0,190 | 0,05      | 2             |
| III             | 0,216 | 0,30      | 5             |
| IV              | 0,235 | 1,00      | 10            |

Tabla 7.28. Coeficientes según el tipo de entorno. Fuente: IAP-11

El entorno del proyecto se corresponde con uno tipo IV, por lo que los datos a introducir, teniendo en cuenta la Tabla 7.6, serán los siguientes:

- $k_r = 0,235$
- $z_0$  [m] = 1
- $z_{min}$  [m] = 10

Como  $z > z_{min} = 13,6 \text{ m} > 10 \text{ m}$ , en el punto más desfavorable, el coeficiente de rugosidad será:

$$C_r(13,6) = 0,235 \cdot \ln\left(\frac{13,6}{1}\right) = 0,6134$$

Por tanto, la velocidad media del viento será:

$$v_m(22,5) = 0,6134 \cdot 1 \cdot 29 = \mathbf{17,789 \frac{m}{s}}$$

### 7.3.2.3 EMPUJE DEL VIENTO

El empuje producido por el viento se calculará por separado para cada elemento del puente, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- El área expuesta al viento o las características aerodinámicas del elemento pueden resultar modificadas por la materialización de otras acciones actuando en la estructura (nieve, sobrecargas de uso, etc.).
- En situaciones transitorias, algunos elementos pueden presentar superficies de exposición al viento diferentes a las definitivas (por ejemplo, cajón abierto frente a cerrado). Además, los elementos auxiliares de construcción pueden añadir superficies adicionales a tener en cuenta.

El empuje del viento sobre cualquier elemento se calculará mediante la expresión:

$$F_w = \left[ \frac{1}{2} \rho v_b^2(T) \right] c_e(z) c_f A_{ref}$$

siendo:

$F_w$  empuje horizontal del viento [N]

$\frac{1}{2} \rho v_b^2(T)$  presión de la velocidad básica del viento  $q_b$  [N/m<sup>2</sup>]

$\rho$  densidad del aire, que se tomará igual a 1,25 kg/m<sup>3</sup>

$v_b(T)$  velocidad básica del viento [m/s] para un periodo de retorno  $T$

$c_f$  coeficiente de fuerza del elemento considerado (figura 7.2)

$A_{ref}$  área de referencia, que se obtendrá como la proyección del área sólida expuesta sobre el plano perpendicular a la dirección del viento [m<sup>2</sup>]

$c_e(z)$  coeficiente de exposición en función de la altura  $z$  calculado según la fórmula siguiente<sup>1</sup>:

$$c_e(z) = k_f^2 \left[ c_o^2 \ln^2 \left( \frac{z}{z_0} \right) + 7 k_f c_o \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \right] \quad \text{para } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{para } z < z_{min}$$

donde:

$k_f$  factor de turbulencia, que se tomará igual a 1,0

$c_o$ ,  $z_0$  y  $z_{min}$  según se definen en el apartado anterior.

Como  $z = 13,6 \text{ m} > z_{min} = 10 \text{ m}$ , el coeficiente de exposición será:

$$c_e(z) = 0,235^2 \cdot \left[ 1^2 \cdot \ln^2 \left( \frac{13,6}{1} \right) + 7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \ln \left( \frac{13,6}{1} \right) \right] = \mathbf{1,385}$$

Las áreas de referencia son:

- Viento transversal:

$$A_{ref} = 0,3 \text{ m} \cdot 16 \text{ m} = \mathbf{4,8 \text{ m}^2}$$

- Viento longitudinal:

$$A_{ref} = 3 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} = \mathbf{0,9 \text{ m}^2}$$

Presión de la velocidad básica del viento:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2(T) = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 29^2 = \mathbf{525,625 \frac{N}{m^2}}$$

Por lo tanto, el empuje del viento se calculará de la siguiente manera:

- Empuje transversal:

$$F_w = 525,625 \cdot 1,385 \cdot 2 \cdot 4,8 = \mathbf{6988,71 \text{ kN}}$$

- Empuje longitudinal:

$$F_w = 525,625 \cdot 1,385 \cdot 2 \cdot 0,9 = \mathbf{1,310 \text{ kN}}$$

Siempre que el viento actúe simultáneamente con las sobrecargas de uso, el valor resultante de la fuerza equivalente del viento se combinará con el resto afectado por los correspondientes factores de simultaneidad.

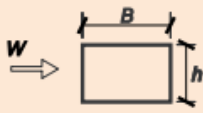

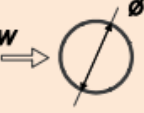
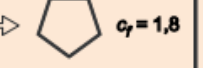
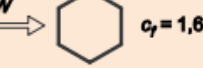
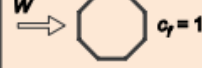


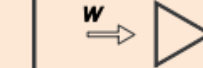
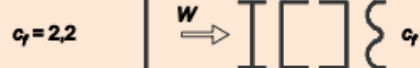
|                   | $\frac{B}{h}$   | $\leq 0,2$   | 0,4  | 0,6 | 0,7  | 1,0 | 2,0 | 5,0  | $\geq 10,0$ |
|--|---|--|--|-----|------|-----|-----|------|-------------|
|  | $c_f$   |  | 2,0  | 2,2 | 2,35 | 2,4 | 2,1 | 1,65 | 1,0         |
| <br>$c_f = 1,4$ | <br>sección circular con superficie lisa y tal que:<br>$\varnothing v_b(T) \sqrt{c_s(z)} > 6 \text{ m}^2/\text{s}$<br>$c_f = 0,7$ | sección circular con superficie rugosa <sup>7)</sup> , o lisa tal que:<br>$\varnothing v_b(T) \sqrt{c_s(z)} < 6 \text{ m}^2/\text{s}$<br>$c_f = 1,2$ |  |     |      |     |     |      |             |
| <br>$c_f = 1,8$ | <br>$c_f = 1,6$  | <br>$c_f = 1,45$   | <br>$c_f = 1,3$ |     |      |     |     |      |             |
| <br>$c_f = 1,6$ | <br>$c_f = 2,2$  | <br>$c_f = 2,0$  |  |     |      |     |     |      |             |

Figura 7.48. Coeficiente de fuerza  $c_f$  para las secciones más habituales. Fuente: IAP-11

### 7.3.2.4 DIRECCIÓN DEL VIENTO

Para evaluar la acción del viento sobre la estructura se considerará su actuación en dos direcciones:

- Perpendicular al eje del tablero: dirección transversal (X). Esta componente podrá ir acompañada de una componente asociada en dirección vertical (Z).
- Paralela al eje del tablero: dirección longitudinal (Y).

Si el tablero es de planta curva, se supondrá que la dirección longitudinal es la de la cuerda que une los dos extremos del puente y que la dirección transversal es su perpendicular. Para cada dirección, el sentido de aplicación de la fuerza del viento será el que resulte más desfavorable para el elemento y efecto en estudio.

Alternativamente, para el cálculo del efecto del viento sobre el tablero, se podrá considerar, y siempre que la amplitud angular del arco definido en planta por el tablero no supere 90º, lo siguiente:

- Un viento radial, normal a la superficie lateral del tablero en cada punto, cuyo valor característica será el mismo que el definido para el viento transversal sobre el tablero.
- Un viento tangencial a la directriz en cada punto, cuyo valor característico será el mismo que el definido para el viento longitudinal sobre el tablero.

Análogamente, en las pilas de puentes de tablero curvo en planta, y siempre que la amplitud angular del arco definido por el tablero no supere 90º, se podrá considerar que las dos direcciones del viento son:

- Perpendicular a la directriz del tablero en cada pila, que se considerará concomitante con el viento transversal sobre el tablero
- Tangente a la directriz del tablero en cada pila, que se considerará concomitante con el viento longitudinal sobre el tablero

En general, se considerará que la acción del viento en las direcciones transversal y longitudinal no es concomitante. La componente vertical del viento, dirección Z, se considerará concomitante sólo con la dirección transversal del viento.

En el caso particular de que las características topográficas del emplazamiento produzcan habitualmente vientos en dirección oblicua al eje del tablero, o cuando la estructura pueda ser especialmente sensible a vientos oblicuos, se comprobará además la seguridad estructural para estos vientos. Para ello se determinará la presión de la velocidad básica del viento  $1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2(T)$  correspondiente a la dirección oblicua, se descompondrá vectorialmente esta presión en las dos direcciones, longitudinal y transversal, se calcularán independientemente los empujes correspondientes y ambos se considerarán aplicados simultáneamente sobre la estructura.

### **7.3.2.5 EMPUJE DEL VIENTO SOBRE EL TABLERO**

#### **7.3.2.5.1 Efectos provocados por el viento transversal**

##### EMPUJE HORIZONTAL

En el cálculo del empuje transversal del viento sobre el tablero, a efectos de aplicación de esta Instrucción, se pueden distinguir dos tipos de tablero: de alma llena y de celosía.

El tablero de la estructura es un tablero de alma llena. A continuación, se comentarán sus características y se hará el cálculo correspondiente a dicha tipología:

##### a) Tableros de alma llena

Se incluyen en este caso los tableros con alma llena de tipo cajón (sencillo o múltiple), las losas o los tableros de vigas.

Para el cálculo del empuje transversal (dirección X) sobre estos tableros se entenderá que el área de referencia  $A_{ref}$  es el producto de la longitud del tramo de puente considerado por la altura equivalente  $h_{eq}$ .

A falta de datos experimentales, el coeficiente de fuerza en la dirección X se determinará mediante la expresión:

$$c_{f,x} = 2,5 - 0,3 (B/h_{eq})$$

donde:

$B$  anchura total del tablero [m]

$h_{eq}$  altura equivalente [m] obtenida considerando, además del propio tablero (en el caso de un tablero de vigas o varios cajones, se considerará únicamente el elemento de mayor canto), la altura de cualquier elemento no estructural que sea totalmente opaco frente al viento o, si se tiene en cuenta la presencia de la sobrecarga de uso, la altura de ésta, en caso de ser más desfavorable.

En cualquier caso, el coeficiente  $c_{f,x}$  se considerará limitado por los valores siguientes:

$$1,3 \leq c_{f,x} \leq 2,4$$

Si los elementos no estructurales (sistemas de contención, barandillas o pantallas) son permeables al viento, no se considerarán en la determinación de esta altura equivalente  $h_{eq}$  y el empuje que soportan y transmiten se calculará de forma independiente.

El valor del coeficiente de fuerza  $c_{f,x}$  y sus límites inferior y superior se podrán modificar en función de la forma de la sección transversal del tablero, aplicando los siguientes criterios:

- Si una de las caras expuestas al viento está inclinada respecto a la vertical en el sentido favorable a la circulación del viento, se puede reducir su coeficiente de fuerza en un 0,5% por cada grado sexagesimal de inclinación, con una reducción máxima de un 30%.
- Si las caras expuestas al viento tienen distinta inclinación, la reducción a aplicar será la media ponderada de las reducciones relativas de las distintas superficies en función de sus áreas respectivas.

El empuje del viento en el eje X, al ser un tablero de alma llena, será:

$$c_{f,x} = 2,5 - 0,3 \cdot \left(\frac{3}{0,3}\right) = -0,5$$

Como el valor de  $c_{f,x}$  está fuera del intervalo definido, se tomará  $c_{f,x} = 1,3$  para el cálculo:

$$F_w = 525,625 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,385 \cdot 1,3 \cdot 4,8 m^2 = 4,542 kN \rightarrow 0,946 \frac{kN}{m^2}$$

$$0,946 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,3 m = 0,2838 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,02838 \frac{t}{m}}$$

### EMPUJE VERTICAL

Se considerará un empuje vertical, dirección Z, sobre el tablero actuando en el sentido más desfavorable, igual a:

$$F_{w,z} = \left[ \frac{1}{2} \rho v_b^2(T) \right] c_e(z) c_{f,z} A_{ref,z}$$

donde:

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| $F_{w,z}$                   | empuje vertical del viento [N]  |
| $\frac{1}{2} \rho v_b^2(T)$ | presión de la velocidad básica del viento [N/m <sup>2</sup> ]                     |
| $c_e(z)$                    | coeficiente de exposición   |
| $c_{f,z}$                   | coeficiente de fuerza en la dirección vertical Z, que se tomará igual a $\pm 0,9$ |
| $A_{ref,z}$                 | área en planta del tablero [m <sup>2</sup> ]                                      |

En caso de disponer de ensayos de la sección del tablero en túnel aerodinámico, se considerará el empuje vertical máximo del viento obtenido para los tres ángulos de incidencia respecto a la horizontal.

Cálculo del empuje vertical:

$$F_w = 525,625 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,385 \cdot 0,9 \cdot 4,8 m^2 = 3,145 kN \rightarrow \mathbf{0,655 \frac{kN}{m^2}}$$

$$F_w = 525,625 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,385 \cdot (-0,9) \cdot 4,8 m^2 = -3,145 kN \rightarrow \mathbf{-0,655 \frac{kN}{m^2}}$$

Por tanto, el empuje vertical resulta:

$$0,655 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,5 m \cdot 2 m = 1,965 kN \cdot \frac{1}{7 m} = 0,2807 = \mathbf{0,02807 \frac{t}{m}}$$

#### **7.3.2.5.2 Efectos provocados por el viento longitudinal**

Se considerará un empuje horizontal paralelo al eje del puente (dirección Y) sobre los elementos de desarrollo longitudinal (tablero, pretilas y barandillas).

Este empuje longitudinal será una fracción del empuje transversal producido por el viento transversal (dirección X), multiplicado por un coeficiente reductor. El valor de dicha fracción será:

- 25% para los elementos sólidos (tableros tipo cajón, losa o vigas, sistemas de contención no permeables, pantallas anti-ruido, sobrecarga de uso, etc.). Para el



cálculo de este empuje longitudinal no se considerará la reducción debida a la inclinación de las almas en los tableros de alma llena.

- 50% para los elementos que presentes huecos (tableros tipo celosía, sistemas de contención permeables, barandillas y, en su caso, sobrecargas de uso).

El coeficiente reductor, será el definido por la expresión:

$$1 - \left[ \frac{7}{c_o \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) + 7} \right] \Phi[L/L(z)]$$

donde:

$c_o$  factor de topografía

$$\Phi[L/L(z)] = 0,230 + 0,182 \ln[L/L(z)]$$

siendo:  $0 \leq \Phi[L/L(z)] \leq 1$

$L$  longitud sobre la cual actúa el empuje longitudinal [m]. Se tomará igual a la longitud total del puente

$L(z)$  longitud integral de la turbulencia [m] definida por:

$$L(z) = \begin{cases} 300(z_{min}/200)^\alpha & \text{para } z < z_{min} \\ 300(z/200)^\alpha & \text{para } z_{min} \leq z \leq 200 \\ 300 & \text{para } z > 200 \end{cases}$$

$z$  altura del punto de aplicación del empuje de viento respecto del terreno o de la cota mínima del nivel de agua bajo el puente [m]

$z_0, z_{min}$  coeficientes definidos en la *tabla 7.6*

$\alpha$  coeficiente definido en la *tabla 7.7*

| TIPO DE ENTORNO | $\alpha$ |
|-----------------|----------|
| 0               | 0,38     |
| I               | 0,44     |
| II              | 0,52     |
| III             | 0,61     |
| IV              | 0,67     |

Tabla 7.29. Coeficiente  $\alpha$  según el *tipo* de entorno. Fuente: IAP-11

Como la zona de proyecto se corresponde con un entorno tipo IV, se tomará  $\alpha = 0,67$ .

A continuación, se calculará el coeficiente reductor:

$$L(z) = 300 \cdot \left(\frac{z}{200}\right)^\alpha = 300 \cdot \left(\frac{13,6}{200}\right)^{0,67} = 49,534 \text{ m}$$

$$\phi \left[ \frac{L}{L(z)} \right] = 0,230 + 0,182 \cdot \ln \left[ \frac{L}{L(z)} \right] = 0,230 + 0,182 \cdot \ln \left[ \frac{24}{49,534} \right] = -0,4946$$

$$1 - \left[ \frac{7}{c_o \cdot \ln \left( \frac{z}{z_o} \right) + 7} \right] \cdot \phi \left[ \frac{L}{L(z)} \right] = 1 - \left[ \frac{7}{1 \cdot \ln \left( \frac{13,6}{1} \right) + 7} \right] \cdot (-0,4946) = \mathbf{1,3603}$$

Por tanto, el empuje del viento longitudinal, en el eje Y, será:

$$F_w = 1,310 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,25 \cdot 1,3603 = 0,4455 \frac{kN}{m^2}$$

$$0,4455 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,3 m = 0,1336 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,01336 \frac{t}{m}}$$

### 7.3.2.5.3 Empuje del viento sobre pilas

El empuje se obtendrá en función del área de referencia y el coeficiente de fuerza adecuado a su sección transversal. En la *Figura 7.3* se indican los coeficientes de fuerza de las secciones de cálculo más usuales.

En las pilas de sección rectangular con aristas redondeadas mediante acuerdos de radio  $r$ , se podrá deducir el coeficiente de fuerza multiplicándolo por el factor:

$$1 - 2,5 \cdot \frac{r}{h} \geq 0,5$$

Siendo  $h$  la dimensión transversal definida en la *Figura 7.3*.

Se tomará como área de referencia la proyección del área sólida expuesta sobre el plano perpendicular a la dirección del viento.

Cuando en las pilas no se puedan despreciar las sollicitaciones de torsión debidas al viento, se considerará que el empuje sobre la superficie considerada actúa con una excentricidad respecto a su eje de 1/10 de la anchura de dicha superficie.

Se tomará un ancho de 0,3 m como hipótesis de anchura de perfil del perfil metálico (aunque pueda ser menor).

#### EMPUJE EN PILARES POR VIENTO TRANSVERSAL

$$0,946 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,3 m = 0,2838 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,02838 \frac{t}{m}}$$

#### EMPUJE EN PILARES POR VIENTO LONGITUDINAL

$$0,4455 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,3 m = 0,1337 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,01337 \frac{t}{m}}$$

### 7.3.2.6 EMPUJE DEL VIENTO SOBRE LA ESTRUCTURA DEL ASCENSOR

#### VIENTO TRANSVERSAL

$$0,946 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,5 m \cdot 2,5 m \cdot \frac{1}{10 m} = 0,5913 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,05913 \frac{t}{m}}$$

$$0,946 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,5 m \cdot 3,6 m \cdot \frac{1}{12,2 m} = 0,6979 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,06979 \frac{t}{m}}$$

#### VIENTO VERTICAL

$$0,655 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,5 m \cdot 3,6 m \cdot \frac{1}{12,2 m} = 0,4832 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,04832 \frac{t}{m}}$$

#### VIENTO LONGITUDINAL

$$0,4455 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m \cdot 2,5 m \cdot \frac{1}{11 m} = 0,3038 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,03038 \frac{t}{m}}$$

$$0,4455 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m \cdot 3,6 m \cdot \frac{1}{13,2 m} = 0,3645 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,03645 \frac{t}{m}}$$

## 7.4 EFECTOS AEROELÁSTICOS

### 7.4.1 NECESIDAD DE COMPROBACIÓN

A efectos de aplicación de esta Instrucción, no será necesario comprobar los efectos aeroelásticos en puentes y pasarelas que cumplan simultáneamente las tres condiciones siguientes:

- Luz inferior a 200m en puentes y en 100m en pasarelas.
- Luz efectiva (máxima distancia entre puntos de momento flector nulo bajo la acción del peso propio) menor que 30 veces el canto.
- Anchura del tablero superior a 1/10 de la distancia entre puntos de momento transversal nulo bajo la acción del viento transversal.

Aunque no se cumpla alguna de las tres condiciones anteriores, tampoco será necesario comprobar los efectos aerolásticos en puentes o pasarelas en los que concurran las dos circunstancias siguientes:

- Luz menor de 80m.
- Frecuencia fundamental de flexión vertical mayor de 2 Hz.

Frecuencia fundamental de flexión:

$$f_B = 0,18 \sqrt{g/v}$$

siendo:

- $v$  flecha máxima de la estructura [m] bajo la acción de la carga permanente actuando en la misma dirección y sentido que el modo de vibración esperado
- $g$  aceleración de la gravedad, igual a  $9,8 \text{ m/s}^2$

Según dicta la IAP-11 en los criterios funcionales relativos a flechas, la flecha vertical máxima en pasarelas o puentes con zonas peatonales es de  $L/1200$ , es decir:

$$L/1200 = 24/1200 = 0,02 \text{ m}$$

Por tanto:

$$f_B = 0,18 \sqrt{9,81/0,02} = 3,987 \text{ Hz} > 2 \text{ Hz}$$

Queda demostrado que no es necesario el cálculo de los efectos aerolásticos para la estructura del proyecto.

## 7.5 ACCIÓN TÉRMICA

### 7.5.1 ACCIÓN TÉRMICA EN TABLEROS

A efectos de aplicación de esta Instrucción, para evaluar el efecto de la acción térmica se considerarán los siguientes tipos de tablero:

- Tipo 1: Tableros de acero con sección transversal en cajón, viga armada o celosía.
- Tipo 2: Tableros mixtos compuestos por acero estructural y hormigón armado o pretensado (conectados de forma que ambos materiales trabajen de forma solidaria).
- Tipo 3: Tableros de hormigón armado o pretensado, sean losas, vigas o cajones.

Los valores representativos de la acción térmica se evaluarán considerando la componente uniforme de temperatura y las componentes de la diferencia de temperatura vertical y horizontal.

#### 7.5.1.1 COMPONENTE UNIFORME DE LA TEMPERATURA DEL TABLERO

##### 7.5.1.1.1 Temperatura máxima y mínima del aire

Para calcular los efectos de la componente uniforme de temperatura se partirá del valor de la temperatura del aire a la sombra en el lugar del emplazamiento del puente.

El valor característico de la temperatura máxima del aire a la sombra  $T_{\max}$  depende del clima del lugar y de la altitud  $y$ , para un periodo de retorno de 50 años (lo que equivale a una

probabilidad anual de ser excedido de 0,02), será el que se indica en el mapa de isotermas de la *Figura 7.4*.

Como valor característico de la temperatura mínima del aire a la sombra  $T_{min}$  se tomará, para un periodo de retorno de 50 años, el que se deduce de la *Tabla 7.8*, en función de la altitud del emplazamiento y de la zona climática invernal que se deduce del mapa de isotermas de la *Figura 7.5*.

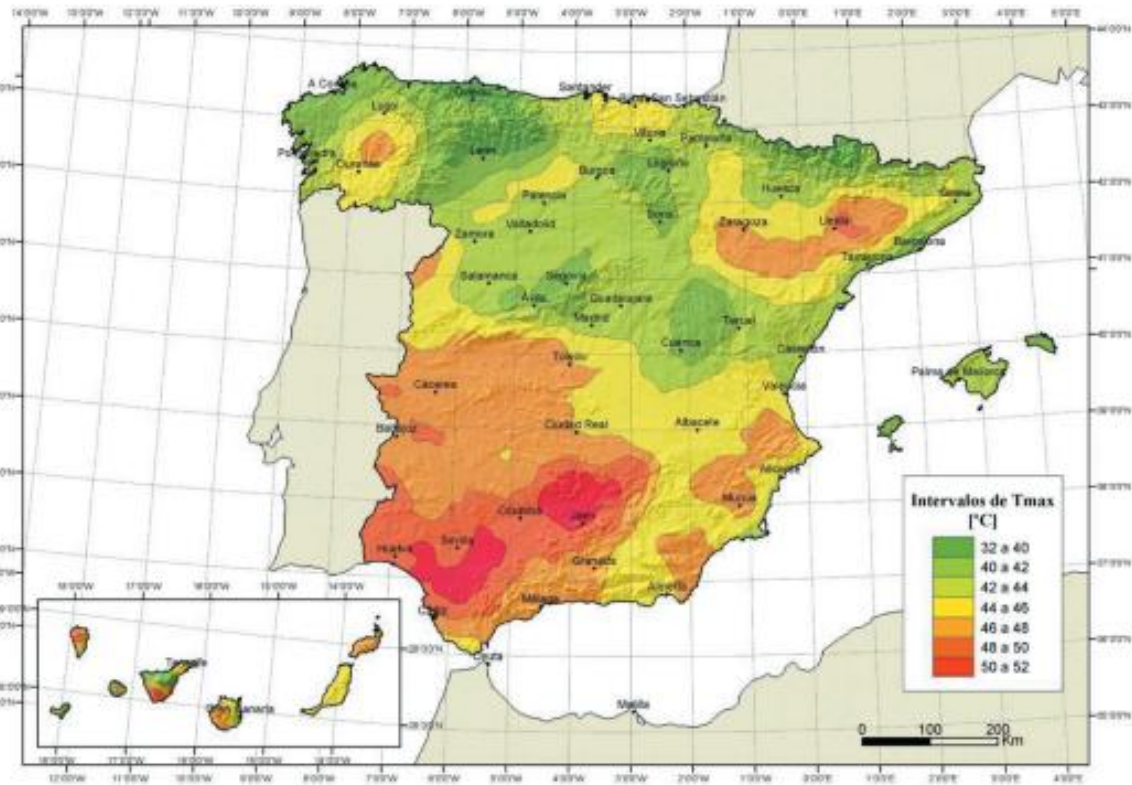


Figura 7.49. Isotermas de la temperatura máxima *anual* del aire  $T_{max}$  (°C). Fuente: IAP-11

Para periodos de retorno diferentes de 50 años, se deben ajustar los valores de  $T_{max,p}$  y  $T_{min,p}$  según las expresiones siguientes (que se encuentran representadas en la *Figura 7.5*), válidas para  $T_{min} < 0$ :

$$T_{max,p} = T_{max} \cdot \{k_1 - k_2 \cdot \ln[-\ln(1 - p)]\}$$

$$T_{min,p} = T_{min} \cdot \{k_3 + k_4 \cdot \ln[-\ln(1 - p)]\}$$

Siendo  $p$  el inverso del periodo de retorno y considerando para los coeficientes los valores:  $k_1 = 0,78$ ;  $k_2 = 0,056$ ;  $k_3 = 0,393$  y  $k_4 = -0,156$ .

| ALTITUD [m] | ZONA DE CLIMA INVERNAL (SEGÚN FIGURA 7.4) |     |     |     |     |     |     |
|-------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|             | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   |
| 0           | -7  | -11 | -11 | -6  | -5  | -6  | 6   |
| 200         | -10                                       | -13 | -12 | -8  | -8  | -8  | 5   |
| 400         | -12                                       | -15 | -14 | -10 | -11 | -9  | 3   |
| 600         | -15                                       | -16 | -15 | -12 | -14 | -11 | 2   |
| 800         | -18                                       | -18 | -17 | -14 | -17 | -13 | 0   |
| 1000        | -20                                       | -20 | -19 | -16 | -20 | -14 | -2  |
| 1200        | -23                                       | -21 | -20 | -18 | -23 | -16 | -3  |
| 1400        | -26                                       | -23 | -22 | -20 | -26 | -17 | -5  |
| 1600        | -28                                       | -25 | -23 | -22 | -29 | -19 | -7  |
| 1800        | -31                                       | -26 | -25 | -24 | -32 | -21 | -8  |
| 2000        | -33                                       | -28 | -27 | -26 | -35 | -22 | -10 |

Tabla 7.30. Temperatura *mínima* anual del aire,  $T_{\min}$  (°C). Fuente: IAP-11

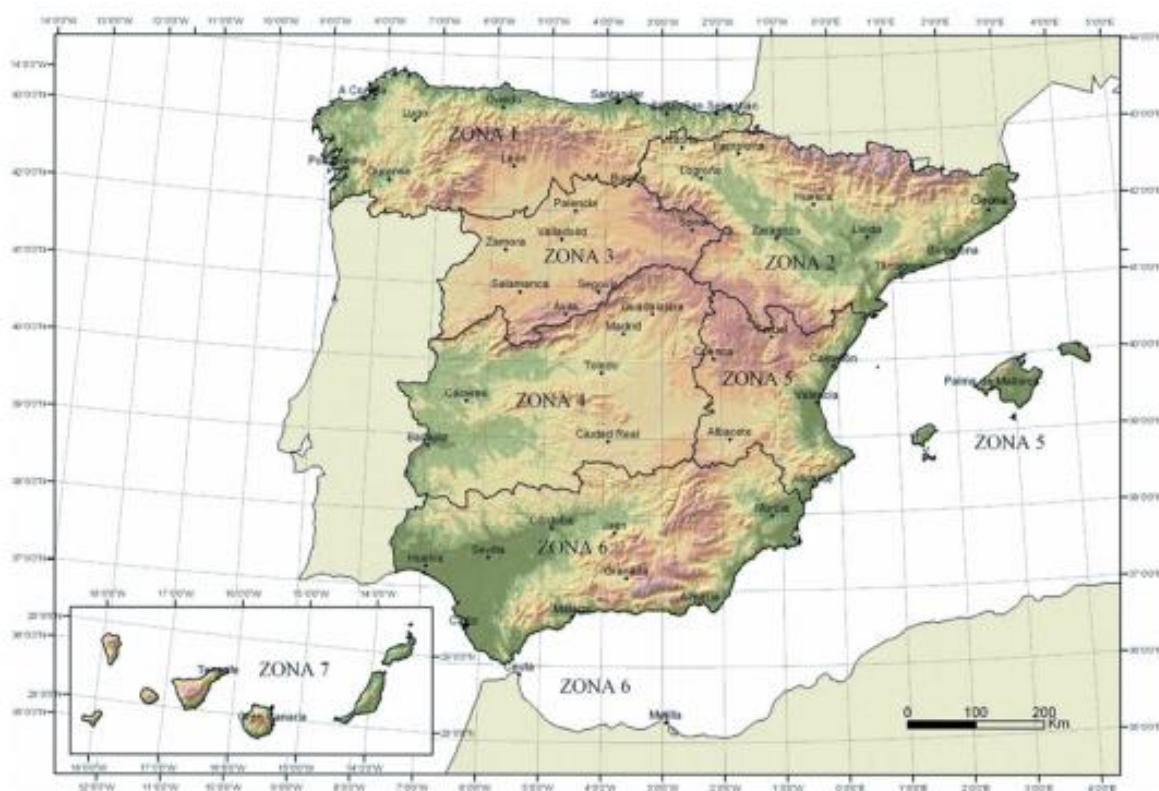


Figura 7.50. Zonas climáticas de invierno. Fuente: IAP-11

Para situaciones persistentes, se considerará un periodo de retorno de 100 años ( $p = 0,01$ ).

Para situaciones transitorias, se tomarán los periodos de retorno indicados en la *Tabla 7.9*, salvo que se justifiquen adecuadamente otros valores.

| DURACIÓN DE LA SITUACIÓN | PERIODO DE RETORNO, T [AÑOS] |
|--------------------------|------------------------------|
| ≤ 3 días                 | 2                            |
| > 3 días y ≤ 3 meses     | 5                            |
| > 3 meses y ≤ 1 año      | 10                           |
| > 1 año                  | 50                           |

Tabla 7.31. Períodos de retorno para situaciones transitorias. Fuente: IAP-11

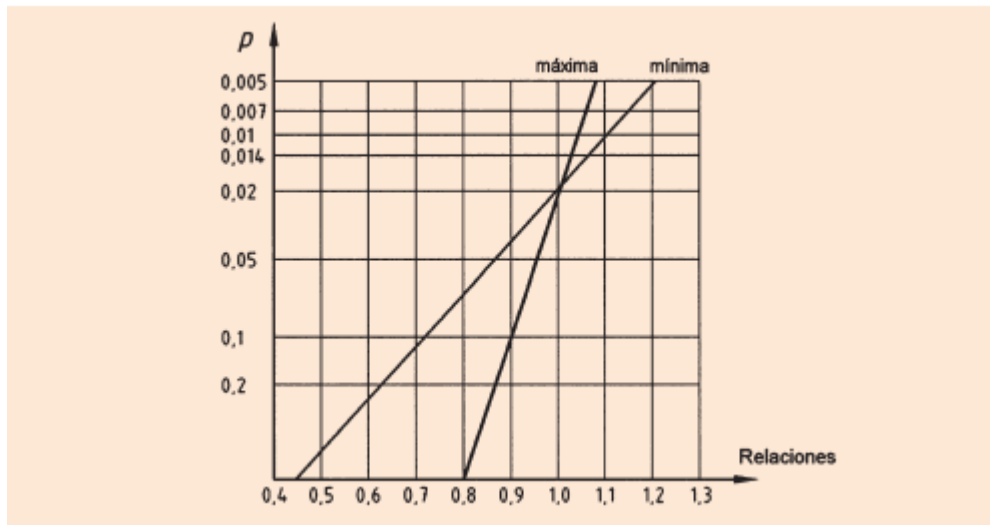


Figura 7.51. Relaciones  $T_{max,p} / T_{max}$  y  $T_{min,p} / T_{min}$ . Fuente: IAP-11

Por tanto, para la zona que ocupará el proyecto, se obtienen los siguientes valores de temperaturas:

- Temperatura máxima: 44 – 46 °C
- Temperatura mínima: - 7 °C

#### 7.5.1.1.2 Componente uniforme de temperatura

La componente uniforme de la temperatura del tablero, también denominada *temperatura efectiva* (temperatura media de la sección transversal), tendrá un valor mínimo  $T_{e,min}$  y un valor máximo  $T_{e,max}$  que se determinarán a partir de la temperatura del aire, mediante las expresiones siguientes:

$$T_{e,min} = T_{min} + \Delta T_{e,min}$$

$$T_{e,max} = T_{max} + \Delta T_{e,max}$$

donde:

$T_{min}$  valor característico de la temperatura mínima del aire a la sombra en el lugar del emplazamiento del puente con el ajuste correspondiente al periodo de retorno según se indica en el apartado 4.3.1.1.1

$T_{max}$  valor característico de la temperatura máxima del aire a la sombra en el lugar del emplazamiento del puente con el ajuste correspondiente al periodo de retorno según se indica en el apartado 4.3.1.1.1.

Con los valores de  $\Delta T_{e,min}$  y  $\Delta T_{e,max}$  indicados en la *Tabla 7.10*.

| TIPO DE TABLERO             | $\Delta T_{e,min}$ [°C] | $\Delta T_{e,max}$ [°C] |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Tipo 1: Tablero de acero    | -3                      | +16                     |
| Tipo 2: Tablero mixto       | +4                      | +4                      |
| Tipo 3: Tablero de hormigón | +8                      | +2                      |

Tabla 7.32. Valores de  $\Delta T_{e,min}$  y  $\Delta T_{e,max}$  para el cálculo de la componente uniforme de temperatura. Fuente: IAP-11

En el caso de celosías y vigas de acero, el valor de  $\Delta T_{e,max}$  definido por la *Tabla 7.10* para tableros Tipo 1, puede reducirse en 3°C.

Por tanto, los resultados son:

$$\Delta T_{e,min} = -7^{\circ}\text{C} + (-3^{\circ}\text{C}) = -10^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{e,max} = 45^{\circ}\text{C} + (16^{\circ}\text{C} - 3^{\circ}\text{C}) = 58^{\circ}\text{C}$$

Para la determinación de los efectos debidos a la componente uniforme de temperatura, se emplearán los valores del coeficiente de dilatación térmica lineal indicados en la tabla siguiente, a menos que, mediante ensayos o estudios más detallados, se justifiquen otros valores.

| MATERIAL   | $\alpha_T$ ( $\times 10^{-6}$ °C <sup>-1</sup> ) |
|--|--|
| Acero inoxidable   | 16   |
| Acero estructural, hierro dulce o fundición <sup>(1)</sup> | 12   |
| Hormigón <sup>(2)</sup>                                    | 10   |

<sup>(1)</sup> En estructuras mixtas, el coeficiente de dilatación lineal del acero estructural puede tomarse igual al del hormigón:  $\alpha_T = 10 \times 10^{-6}$  °C<sup>-1</sup>

<sup>(2)</sup> En el caso de hormigón con áridos ligeros:  $\alpha_T = 7 \times 10^{-6}$  °C<sup>-1</sup>

Tabla 7.33. Valores del coeficiente de dilatación térmica lineal  $\alpha_T$  ( $\times 10^{-6}$ °C<sup>-1</sup>). Fuente: IAP-11

La estructura se realizará con acero inoxidable, por lo que el coeficiente de dilatación térmica lineal tomará el valor de  $16 \times 10^{-6}$  °C<sup>-1</sup>.

### 7.5.1.1.3 Rango de la componente uniforme de temperatura

La variación de la componente uniforme de temperatura ocasionará, en una estructura sin coacción al movimiento, un cambio en la longitud del elemento. Teniendo en cuenta lo



indicado en el apartado anterior, el rango de variación de la componente uniforme de temperatura en el tablero será:

$$\Delta T_N = T_{e,max} - T_{e,min}$$
$$\Delta T_N = 58^{\circ}C - (-10^{\circ}C) = 68^{\circ}C$$

A partir de los valores característicos máximo y mínimo de la componente uniforme de temperatura y a partir de la temperatura inicial  $T_o$  (temperatura media del tablero en el momento en que se coacciona su movimiento), se obtendrán los rangos de variación térmica que permitan determinar la contracción y la dilatación máximas del tablero, según lo indicado en los párrafos siguientes.

El valor característico de la máxima variación de la componente uniforme de temperatura en contracción  $\Delta T_{N,con}$  será:

$$\Delta T_{N,con} = T_o - T_{e,min}$$

El valor característico de la máxima variación de la componente uniforme de temperatura en dilatación  $\Delta T_{N,exp}$  será:

$$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_o$$

En caso de que no sea posible establecer la temperatura inicial  $T_o$  del elemento en el momento de coaccionar su movimiento, esta se tomará igual a la temperatura media de dicho elemento durante el periodo de construcción y, en ausencia de esta información, podrá tomarse un valor  $T_o = 15^{\circ}C$ .

Por tanto:

$$\Delta T_{N,con} = 15^{\circ}C - (-10^{\circ}C) = 25^{\circ}C$$

$$\Delta T_{N,exp} = 58^{\circ}C - 15^{\circ}C = 43^{\circ}C$$

El dimensionamiento de los aparatos de apoyo y de las juntas de dilatación se realizará considerando como máxima variación de contracción de la componente uniforme de la temperatura del puente el valor de  $(\Delta T_{N,con} + 15)^{\circ}C$ , y como máxima variación de dilatación de la componente uniforme de la temperatura del puente el valor de  $(\Delta T_{N,exp} + 15)^{\circ}C$ .

## 7.5.1.2 COMPONENTE DE LA DIFERENCIA DE TEMPERATURA

### 7.5.1.2.1 Diferencia vertical

- a) Puentes de acero (Tipo 1) y puentes de hormigón (Tipo 3)

A lo largo de un periodo de tiempo determinado, el calentamiento y enfriamiento de la cara superior del tablero da lugar a una variación de temperatura en la altura de la

sección transversal que tendrá un valor de máximo calentamiento (cara superior más caliente) y un valor de máximo enfriamiento (cara superior más fría).

El efecto de la diferencia vertical de temperatura se debe considerar mediante el empleo de una componente lineal equivalente de la diferencia de temperatura con  $\Delta T_{M,heat}$  y  $\Delta T_{M,cool}$ . Estos valores son diferencias de temperatura entre las fibras superior e inferior del tablero.

Para tableros de acero (Tipo 1) o tableros de hormigón (Tipo3), los valores  $\Delta T_{M,heat}$  y  $\Delta T_{M,cool}$  serán los que figuran en la *Tabla 7.12*.

| TIPO DE TABLERO             | FIBRA SUPERIOR MÁS CALIENTE | FIBRA SUPERIOR MÁS FRÍA  |
|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
|                             | $\Delta T_{M,heat}$ [°C]    | $\Delta T_{M,cool}$ [°C] |
| Tipo 1: Tablero de acero    | 18                          | 13                       |
| Tipo 3: Tablero de hormigón |                             |                          |
| — Sección cajón             | 10                          | 5                        |
| — Sección de vigas          | 15                          | 8                        |
| — Sección losa              | 15                          | 8                        |

Tabla 7.34. Componente lineal de la diferencia vertical de temperatura para tableros Tipo 1 y Tipo 3. Fuente: IAP-11

La diferencia vertical de temperatura está muy influenciada por el tipo y espesor del pavimento. Los valores dados en la tabla anterior corresponden a un espesor de pavimento de 50 mm. Para espesores diferentes, será necesario aplicar un corrector  $k_{sur}$  dado en la *Tabla 7.13*.

| ESPESOR DEL PAVIMENTO                                 | TABLERO TIPO 1              |                         | TABLERO TIPO 3              |                         |
|---|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|   | FIBRA SUPERIOR MÁS CALIENTE | FIBRA SUPERIOR MÁS FRÍA | FIBRA SUPERIOR MÁS CALIENTE | FIBRA SUPERIOR MÁS FRÍA |
|   | $k_{sur}$                   | $k_{sur}$               | $k_{sur}$                   | $k_{sur}$               |
| Sin impermeabilización ni pavimento                   | 0,7                         | 0,9                     | 0,8                         | 1,1                     |
| Con impermeabilización y sin pavimento <sup>(1)</sup> | 1,6                         | 0,6                     | 1,5                         | 1,0                     |
| 50 mm   | 1,0                         | 1,0                     | 1,0                         | 1,0                     |
| 100 mm  | 0,7                         | 1,2                     | 0,7                         | 1,0                     |
| 150 mm  | 0,7                         | 1,2                     | 0,5                         | 1,0                     |

<sup>(1)</sup> Estos valores representan valores límite superiores para superficies de color oscuro.

Tabla 7.35. Coeficiente  $k_{sur}$  de influencia del tipo y espesor de pavimento Fuente: IAP-11

### 7.5.1.2.2 Diferencia horizontal

La diferencia de soleamiento entre un lado y otro de la sección transversal del tablero puede dar lugar a una diferencia horizontal de temperatura. Este hecho se produce en tableros que presentan una orientación próxima a la este-oeste, con mayor soleamiento general en la cara sur, pero también se produce en puentes con orientación próxima a la norte-sur, con un mayor soleamiento en el lado este al amanecer con un máximo en los meses de verano, y en el lado oeste al atardecer con un máximo en los meses de invierno.

En aquellos casos en que esta acción pueda dar lugar a efectos estructurales o funcionales significativos, se considerarán los valores característicos de la diferencia de temperatura entre las dos caras laterales extremas del tablero definidos en la *Tabla 7.14*, donde  $l_v$  es la longitud del voladizo y  $h_a$  es la proyección del paramento lateral del tablero sobre el plano vertical.

| TABLEROS TIPO 1 Y TIPO 2 |               | TABLEROS TIPO 3  |               |
|--------------------------|---------------|------------------|---------------|
| $l_v \leq 2 h_a$         | $l_v > 2 h_a$ | $l_v \leq 2 h_a$ | $l_v > 2 h_a$ |
| 18 °C                    | -             | 5 °C             | -             |

Tabla 7.36. Diferencia transversal de temperatura entre las dos caras externas del tablero. Fuente: IAP-11

### 7.5.1.3 SIMULTANEIDAD DE LA COMPONENTE UNIFORME Y DE LA DIFERENCIA DE TEMPERATURA

Si debido al esquema estructural, es necesario tener en cuenta la actuación simultánea de la variación de la componente uniforme,  $\Delta T_{N,exp}$  o  $\Delta T_{N,con}$ , y la diferencia de temperatura,  $\Delta T_{M,heat}$  o  $\Delta T_{M,cool}$ , ambas componentes se combinarán de acuerdo con las expresiones siguientes:

$$\Delta T_M + \omega_N \cdot \Delta T_N$$

$$\omega_N \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$$

Con  $\omega_N = 0,35$  y  $\omega_M = 0,75$ .

Estas expresiones dan lugar a ocho posibles formas de considerar la concomitancia de las distintas componentes de la acción térmica, de las que se elegirán las que den lugar a los efectos más desfavorables para el elemento en estudio.

1.  $18 + 0,35 \cdot 43 = 33,05^\circ C$
2.  $18 + 0,35 \cdot 25 = 26,75^\circ C$
3.  $13 + 0,35 \cdot 43 = 28,05^\circ C$
4.  $13 + 0,35 \cdot 25 = 21,75^\circ C$
5.  $0,75 \cdot 18 + 43 = 56,50^\circ C$
6.  $0,75 \cdot 18 + 25 = 38,50^\circ C$
7.  $0,75 \cdot 13 + 43 = 52,49^\circ C$
8.  $0,75 \cdot 13 + 25 = 34,75^\circ C$

Se tomarán como hipótesis más desfavorables las hipótesis número 4 y número 5.

## 7.5.2 NIEVE

En general, sólo será necesario considerar la sobrecarga de nieve en puentes situados en zonas de alta montaña o durante la construcción.

De no existir datos específicos suficientes de la zona en que se ubicará el puente, se tomará como valor característico de la sobrecarga de nieve que se indica más adelante. Los valores recogidos en esta Instrucción no serán de aplicación en puentes situados en lugares conocidos por sus condiciones extremas de viento o nieve. En el caso de altitudes superiores a 2200 m, será necesario un estudio específico para determinar la sobrecarga de nieve.

### 7.5.2.1 SOBRECARGA DE NIEVE EN UN TERRENO HORIZONTAL

En la *Tabla 7.15* se indican los valores característicos de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal para cada una de las siete zonas climáticas (representadas en la *Figura 7.5*) en función de la altitud del terreno.

| ZONA DE CLIMA INVERNAL (SEGÚN FIGURA 7.4) |     |     |     |     |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ALTITUD [M]                               | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   |
| 0   | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 200                                       | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 |
| 400                                       | 0,6 | 0,6 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 0,2 |
| 500                                       | 0,7 | 0,7 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,2 |
| 600                                       | 0,9 | 0,9 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,2 |
| 700                                       | 1,0 | 1,0 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,2 |
| 800                                       | 1,2 | 1,1 | 0,5 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,2 |
| 900                                       | 1,4 | 1,3 | 0,6 | 1,0 | 0,8 | 0,9 | 0,2 |
| 1000                                      | 1,7 | 1,5 | 0,7 | 1,2 | 0,9 | 1,2 | 0,2 |
| 1200                                      | 2,3 | 2,0 | 1,1 | 1,9 | 1,3 | 2,0 | 0,2 |
| 1400                                      | 3,2 | 2,6 | 1,7 | 3,0 | 1,8 | 3,3 | 0,2 |
| 1600                                      | 4,3 | 3,5 | 2,6 | 4,6 | 2,5 | 5,5 | 0,2 |
| 1800                                      | -   | 4,6 | 4,0 | -   | -   | 9,3 | 0,2 |
| 2200                                      | -   | 8,0 | -   | -   | -   | -   | -   |

Tabla 7.37. Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal,  $s_k$  (kN/m<sup>2</sup>). Fuente: IAP-11

En la *Tabla 7.16* figura la altitud y los valores característicos de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal en las capitales de provincia y ciudades autónomas.

| CAPITAL     | ALTITUD [m] | $s_k$ [kN/m <sup>2</sup> ] | CAPITAL           | ALTITUD [m] | $s_k$ [kN/m <sup>2</sup> ] | CAPITAL         | ALTITUD [m] | $s_k$ [kN/m <sup>2</sup> ] |
|-------------|-------------|----------------------------|-------------------|-------------|----------------------------|-----------------|-------------|----------------------------|
| Albacete    | 690         | 0,6                        | Guadalajara       | 680         | 0,6                        | Pontevedra      | 0           | 0,3                        |
| Alicante    | 0           | 0,2                        | Huelva            | 0           | 0,2                        | Salamanca       | 780         | 0,5                        |
| Almería     | 0           | 0,2                        | Huesca            | 470         | 0,7                        | San Sebastián   | 0           | 0,3                        |
| Ávila       | 1130        | 1,0                        | Jaén              | 570         | 0,4                        | Santander       | 0           | 0,3                        |
| Badajoz     | 180         | 0,2                        | León              | 820         | 1,2                        | Segovia         | 1000        | 0,7                        |
| Barcelona   | 0           | 0,4                        | Lleida            | 150         | 0,5                        | Sevilla         | 10          | 0,2                        |
| Bilbao      | 0           | 0,3                        | Logroño           | 380         | 0,6                        | Soria           | 1090        | 0,9                        |
| Burgos      | 860         | 0,6                        | Lugo              | 470         | 0,7                        | Tarragona       | 0           | 0,4                        |
| Cáceres     | 440         | 0,4                        | Madrid            | 660         | 0,6                        | Tenerife        | 0           | 0,2                        |
| Cádiz       | 0           | 0,2                        | Málaga            | 0           | 0,2                        | Teruel          | 950         | 0,9                        |
| Castellón   | 0           | 0,2                        | Murcia            | 40          | 0,2                        | Toledo          | 550         | 0,5                        |
| Ciudad Real | 640         | 0,6                        | Ourense           | 130         | 0,4                        | Valencia        | 0           | 0,2                        |
| Córdoba     | 100         | 0,2                        | Oviedo            | 230         | 0,5                        | Valladolid      | 690         | 0,4                        |
| A Coruña    | 0           | 0,3                        | Palencia          | 740         | 0,4                        | Vitoria         | 520         | 0,7                        |
| Cuenca      | 1010        | 1,0                        | Palma de Mallorca | 0           | 0,2                        | Zamora          | 650         | 0,4                        |
| Girona      | 70          | 0,4                        | Palmas, Las       | 0           | 0,2                        | Zaragoza        | 210         | 0,5                        |
| Granada     | 690         | 0,5                        | Pamplona          | 450         | 0,7                        | Ceuta y Melilla | 0           | 0,2                        |

Tabla 7.38. Sobrecarga de nieve sobre un terreno *horizontal* en las capitales de provincia y ciudades autónomas. Fuente: IAP-11

Como valor característico de la sobrecarga de nieve sobre tableros  $q_k$ , se adoptará el definido por la siguiente expresión:

$$q_k = 0,8 \cdot s_k$$

Donde  $s_k$  es el valor característico de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal, que adopta un valor de  $0,3 \text{ kN/m}^2$  para Bilbao.

### 7.5.2.2 SOBRECARGA DE NIEVE SOBRE EL TABLERO

La carga que se puede producir por acumulación de nieve sobre el tablero es de:

$$0,8 \cdot 0,3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0,24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} = 0,72 \text{ kN} \cdot \frac{1}{7 \text{ m}} = 0,1028 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \mathbf{0,01028 \frac{\text{t}}{\text{m}}}$$

### 7.5.2.2 SOBRECARGA DE NIEVE SOBRE LA ESTRUCTURA DEL ASCENSOR

La carga que se puede producir por acumulación de nieve sobre el paño superior del ascensor es de:

$$0,8 \cdot 0,3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0,24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} = 1,8 \text{ kN} \cdot \frac{1}{7 \text{ m}} = 0,1636 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \mathbf{0,01636 \frac{\text{t}}{\text{m}}}$$

## 7.6 ACCIONES ACCIDENTALES

### 7.6.1 IMPACTOS

#### 7.6.1.1 IMPACTO DE VEHÍCULOS DE CARRETERA CONTRA UN ELEMENTO ESTRUCTURAL DEL PUENTE O PASARELA

No será necesario considerar la acción del impacto de vehículos contra un elemento de sustentación del puente cuando la distancia entre éste y el borde de la calzada sea superior a lo indicado al respecto en la reglamentación relativa a barreras de seguridad de la Dirección General de Carreteras, o cuando, de acuerdo con esta misma reglamentación, se disponga la protección adecuada.

Debido a que la estructura del proyecto se encuentra en una zona peatonal, alejada a unos 50 metros de la carretera más cercana, se descartará el cálculo de este tipo de acción sobre ella.

### 7.5.2.2 SOBRECARGA DE NIEVE SOBRE EL TABLERO

En el caso de los puentes de carretera que crucen sobre una vía de ferrocarril será necesario tener en cuenta las acciones a que pueda dar lugar la colisión de un tren contra los elementos de la subestructura del puente. El valor de dichas acciones, así como los criterios para su consideración, serán los indicados en la *Instrucción sobre las acciones a considerar en puentes de ferrocarril (IAPF-07)* o normativa que la sustituya.

Ya que la estructura no cruza sobre ninguna vía de ferrocarril, se descartará también el cálculo de este tipo de acción sobre ella.

## 7.7 ACCIÓN SÍSMICA

Tal y como se ha demostrado en el *Anexo 2: Geología y geotecnia* del presente proyecto, la sismicidad en la zona de obra se puede considerar inexistente. Por tanto, se descartará el cálculo de esta acción para el presente proyecto.

## 8 JUNTAS

Para evitar la transferencia de cargas entre las diferentes partes que componen la estructura, se colocará una junta de dilatación en la unión entre la estructura de la pasarela y la estructura del ascensor. De este modo, ambas partes tendrán un comportamiento independiente frente a las acciones.

Además, permitirá a la estructura deformarse con mayor libertad, pudiendo liberar los esfuerzos térmicos producidos por su dilatación y contracción.



## 9 ACABADO Y MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Los materiales utilizados en la realización de la estructura son acero, madera y metacrilato. Todos deberán tener un acabado que garantice su mantenimiento y durabilidad a lo largo de la vida útil de la estructura.

### 9.1 ACERO

El fuego es una acción de carácter accidental que puede tener efectos considerables en el acero, ya que a pesar de que sea un material considerado no combustible, sus propiedades mecánicas pueden verse gravemente afectadas a causa de un incendio.

Frente a un incendio, la legislación relativa a la protección de las estructuras frente al fuego aporta unos criterios que se deben cumplir, como la protección de la vida de los ocupantes, la protección de las construcciones y edificaciones vecinas, o la protección del espacio público.

Dada la dificultad de que un incendio afecte a la estructura, no se tomarán medidas protectoras.

El fenómeno más a tener en cuenta es la corrosión, un proceso espontáneo y continuo, que altera el metal debido a la reacción galvánica o al ataque químico directo. Dicha alteración implica la pérdida de dimensiones y propiedades del material.

En la zona del proyecto se combinan un ambiente urbano y marino, debido a la cercanía a la Ría de Bilbao, lo que aumenta el riesgo de corrosión.

Por tanto, será necesario aplicar una protección que proteja a la estructura de los fenómenos de la oxidación, que además servirá para cumplir una función estética. Para esto, se aplicarán unas pinturas de protección en las siguientes capas:

- Capa de imprimación  
Contiene partículas metálicas que reaccionan con el oxígeno, impidiendo que reaccione con el acero de la estructura. Se denomina de protección activa.
- Capa de acabado  
Se aplica por encima de la capa de imprimación. Su tarea consiste en impedir que el oxígeno penetre hacia la capa interior, protegiéndola así de una destrucción prematura.

### 9.2 MADERA

En cuanto a la protección y acabado de las maderas, no es aconsejable el uso de barnices en exteriores, ya que tiene alto riesgo de cuartearse y pelarse.

Mejor opción es la aplicación de un lasur, que al contrario del barniz, penetra profundamente en la madera sin formar capa, dejando un acabado de poro abierto, que regula la humedad de la madera y permite que salga el vapor del interior de la misma. Es ideal para exteriores, y la flexibilidad de sus resinas permite adaptarse a las variaciones dimensionales de la madera.

### 9.3 METACRILATO

Se instalará una lámina antirrayado o *antiscratching*, que previene los riesgos de degradación del material, voluntarios o no.

Se trata de un film transparente de 100 micras de espesor, por lo que no creará distorsión óptica, y además de la protección frente a rayadas, también tiene propiedades antigraffiti, por lo que el acabado de metacrilato quedará protegido frente a posibles actos vandálicos.

## 10 PRUEBAS DE CARGA

Todo puente proyectado de acuerdo con la IAP-11 debe ser sometido a pruebas de carga antes de su puesta en servicio.

La prueba de carga de recepción de una estructura es un conjunto de operaciones consistente en la reproducción de uno o varios estados de carga sobre la misma, antes de su puesta en servicio, con objeto de confirmar que el proyecto y construcción de la obra se ha llevado a cabo de forma satisfactoria.

Con este objeto es necesario comprobar que, para unas situaciones de carga representativas de las acciones a las que va a estar sometida durante su vida en servicio, el comportamiento de la estructura se ajusta a las previsiones de proyecto.

La Instrucción establece dos tipos de pruebas de carga:

- Pruebas de carga estática: serán obligatorias para aquellas obras en que alguno de sus vanos tenga una luz igual o superior a 12m (medida entre ejes de apoyos de tablero o, para estructuras tipo marco, entre paramentos vistos de hastiales).
- Pruebas de carga dinámica: serán preceptivas, y así quedará recogido en el proyecto, en puentes de luces superiores a 60m o en aquellos cuyo diseño sea inusual, se utilicen nuevos materiales o contengan zonas de tránsito peatonal en las que se prevea que las vibraciones pueden causar molestias a los usuarios.

### 10.1 DESARROLLO DE LA PRUEBA

En el caso de pasarelas, la sobrecarga uniforme de cálculo podrá materializarse mediante cargas concentradas que produzcan en la estructura esfuerzos equivalentes a los de aquella.

Los estados de carga se definirán de forma que, cargando convenientemente distintas zonas de la estructura, se alcancen los porcentajes deseados de los esfuerzos máximos producidos en las secciones críticas.

En el caso de puentes continuos, en general, será suficiente con cargar parejas de vanos contiguos y de vanos alternos, de forma que en todas las secciones de apoyo y de centro de vano, se alcancen los porcentajes de esfuerzos indicados.

### 10.2 INFORME DE LA PRUEBA DE CARGA

Una vez finalizada la prueba de carga, se redactará el Informe de la prueba, en el que figurarán los siguientes aspectos:

- Fecha, hora de inicio y fin y asistentes a la prueba.
- Referencia al proyecto de la estructura y de la prueba de carga (clave, fecha, autor, etc.).

- Descripción de la obra y de su estado previo a la prueba.
- Descripción detallada de los vehículos utilizados y los distintos estados de carga.
- Descripción de las magnitudes, equipo instrumental de toma de datos y número y situación de los puntos de medida.
- Información sobre el desarrollo de la prueba (hora de comienzo, de cada estado de carga, tiempo transcurrido entre carga y descarga, número de escalones, etc.).
- Registros de magnitudes medidas durante la prueba.
- Comparación con los valores teóricos previstos y valoración del cumplimiento de los criterios de aceptación.
- Cuestiones de interés observadas en las inspecciones de la obra antes, durante y después de la prueba.
- Varios: documentación fotográfica, condiciones meteorológicas, puntos de referencia para la nivelación si las hubiera, incidencias, etc.

## 11 MÉTODO DE MONTAJE

Existen muchos métodos de montaje de puentes de acero, pero los cinco más típicos son los que se muestran a continuación:

a) Montaje a pie de obra

Este tipo implica el montaje del puente a partir de sus componentes o subconjuntos individuales en su posición final, generalmente sobre cimbras o alguna otra forma de apoyo temporal, haciendo las juntas en la obra y retirando las cimbras.

Debe proporcionarse un adecuado servicio de grúas que abarque toda la superficie del tablero.

b) Lanzamiento

Este método supone el montaje de un puente sobre rodillos o patines en su alineación final, pero al lado del obstáculo que se ha de cruzar. Cuando se ha finalizado, se empuja o se tira hacia adelante para cruzar el obstáculo y se hace descansar sobre aparatos de apoyo en la orilla contraria.

c) Elevación

Este método implica levantar una parte independiente o la totalidad de un puente a/o cerca de su posición final.

La elevación puede ser una operación completa en si misma o parte de un esquema de montaje en voladizo.

d) En voladizo

Este método implica construir un puente, normalmente continuo sobre varios tramos, progresivamente a partir de uno o ambos estribos, uniendo secciones al extremo de las partes ya montadas.

Un tramo de anclaje se iza o se monta in situ y, a continuación, se montan en voladizo las secciones a partir de aquí, o bien elevándolas desde el nivel del suelo o bien deslizándolas a lo largo del tablero y haciéndolas descender desde el extremo.

e) Deslizamiento

Este método supone la construcción del puente desplazado lateralmente de la ubicación final y, a continuación, levantándolo lateralmente hasta su posición final.

### 11.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO DE MONTAJE

En primer lugar, teniendo en cuenta el espacio del que se dispone y las características de la zona, se han descartado los montajes por lanzamiento y por deslizamiento.

Quedará descartado también el montaje en voladizo, ya que en el acceso superior se dispone de menos espacio y se retrasarían otras tareas.

Finalmente, se ha optado por montar la pasarela por elevación, que rellenará el tiempo muerto de la espera del fraguado del hormigón, agilizando así la obra.

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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA  
**SUBANEXO 7.1. ESTRUCTURA  
METÁLICA**

## ÍNDICE

|   |            |
|---|------------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>                         | <b>169</b> |
| <b>2 ESTRUCTURA .....</b>                           | <b>170</b> |
| <b>2.1 TABLERO.....</b>                             | <b>170</b> |
| 2.1.1 PERFILES UTILIZADOS.....                      | 170        |
| 2.1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN .....            | 170        |
| 2.1.3 COEFICIENTES DE PANDEO .....                  | 171        |
| 2.1.4 COMPROBACIÓN DE LOS PERFILES UTILIZADOS ..... | 171        |
| <b>2.2 ASCENSOR .....</b>                           | <b>194</b> |
| 2.2.1 PERFILES UTILIZADOS.....                      | 194        |
| 2.2.2 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN .....            | 194        |
| 2.2.3 COEFICIENTES DE PANDEO .....                  | 195        |
| 2.2.4 COMPROBACIÓN DE LOS PERFILES UTILIZADOS ..... | 195        |
| <b>3 UNIONES .....</b>                              | <b>219</b> |
| 3.1.1 UNIONES TIPO 1 .....                          | 219        |
| 3.1.2 UNIONES TIPO 2 .....                          | 224        |
| 3.1.3 UNIONES TIPO 3 .....                          | 231        |
| 3.1.4 UNIONES TIPO 4 .....                          | 236        |
| 3.1.5 UNIONES TIPO 5 .....                          | 240        |
| 3.1.6 UNIONES TIPO 6 .....                          | 243        |
| 3.1.7 UNIONES TIPO 7 .....                          | 245        |
| 3.1.8 UNIONES TIPO 8 .....                          | 251        |
| 3.1.9 UNIONES TIPO 9 .....                          | 255        |
| <b>3.2 UNIONES ESPECIALES .....</b>                 | <b>255</b> |
| 3.2.1 UNIONES TIPO 9 .....                          | 255        |



## 1 INTRODUCCIÓN

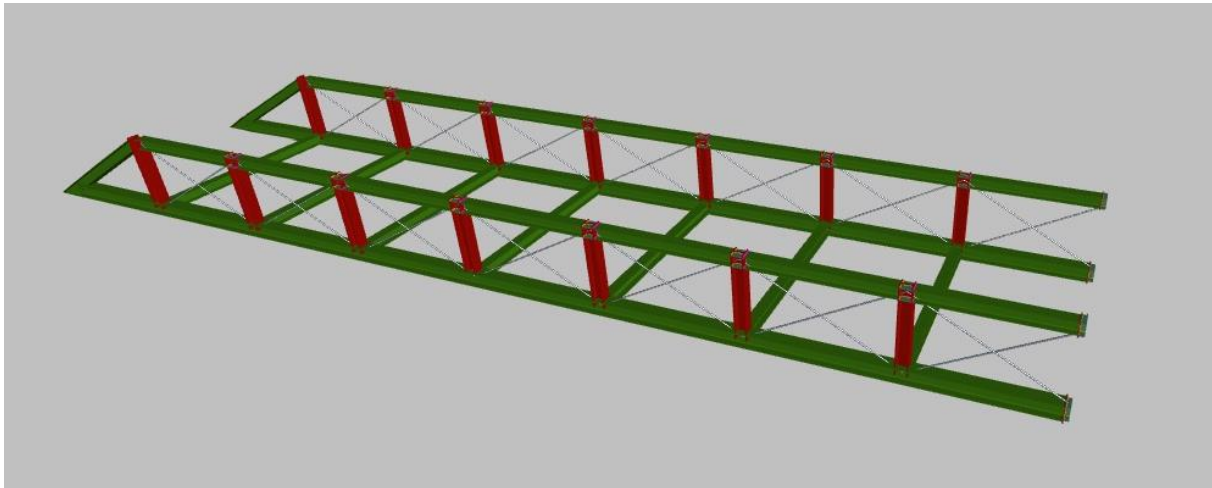
En el presente subanexo se expondrán los distintos perfiles que constituyen la estructura metálica, el motivo de su elección, las comprobaciones referidas a Estados Límite Últimos y las diferentes uniones que los asocian.

## 2 ESTRUCTURA

A continuación, se definirá la estructura metálica, además de los perfiles que componen cada una de sus dos partes: el tablero y la estructura del ascensor.

### 2.1 TABLERO

En la *Figura 7.1.1* se muestra el modelo 3D utilizado en Cype de la estructura del tablero.



*Figura 7.1.52. Modelo 3D del tablero. Fuente: autor*

#### 2.1.1 PERFILES UTILIZADOS

| ZONA                 | PERFIL  | UNIDADES | LONGITUD (m) |
|----------------------|---------|----------|--------------|
| Vigas principales    | HEB 200 | 2        | 9,000        |
|                      |         | 2        | 7,000        |
| Vigas secundarias    | HEB 160 | 8        | 3,000        |
| Montantes verticales | HEB 160 | 14       | 1,100        |
| Cordones superiores  | HEB 160 | 14       | 2,000        |
|                      |         | 2        | 2,283        |
| Tirantes             | R20     | 28       | 2,283        |

*Tabla 7.1.39. Perfiles utilizados en el tablero. Fuente: autor*

#### 2.1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN

Para el tablero, al igual que para el resto de la estructura, se han utilizado principalmente perfiles HEB, que frente a los también muy utilizados IPE o IPN, presentan un mejor comportamiento a la torsión. Además, sus alas anchas les hacen tener unos momentos de inercia más equilibrados, lo que se traduce en una carga crítica sensiblemente superior.

Dicho esto, para las vigas principales se han utilizado los perfiles HEB de mayor sección, ya que se encargarán de soportar mayores cargas, además de cierta flexión. Para las barras

transversales, montantes y cordones superiores ha sido posible reducir la sección, ya que son zonas menos cargadas.

En cuanto a los tirantes, inicialmente se proyectaron con perfiles laminados, también de la serie HEB, formando una celosía. Tras la realización de los cálculos se observó que no trabajaban demasiado, teniendo un índice de saturación de cargas muy bajo. Por esto, se decidió sustituirlos por los actuales tirantes R20.

### 2.1.3 COEFICIENTES DE PANDEO

Los coeficientes de pandeo correspondientes a cada barra se muestran en la *Tabla 7.1.2*.

| COEFICIENTES DE PANDEO      |             |             |
|-----------------------------|-------------|-------------|
|                             | PLANO X-Y   | PLANO X-Z   |
| <b>Vigas principales</b>    | 0,50 / 1,00 | 0,50 / 1,00 |
| <b>Vigas secundarias</b>    | 0,50 / 1,00 | 0,50 / 1,00 |
| <b>Montantes verticales</b> | 1,00 / 1,00 | 1,00 / 1,00 |
| <b>Cordones superiores</b>  | 1,00 / 1,00 | 1,00 / 1,00 |
| <b>Tirantes</b>             | 1,00 / 1,00 | 1,00 / 1,00 |

*Tabla 7.1.40. Coeficientes de pandeo de las barras del tablero. Fuente: autor*

### 2.1.4 COMPROBACIÓN DE LOS PERFILES UTILIZADOS

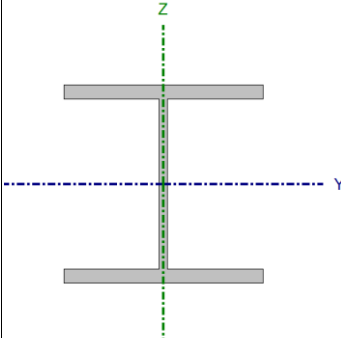
A continuación, se adjuntan los listados de comprobaciones producto del cálculo de la estructura con el software Cype 3D 2019.h.

Cabe destacar que los listados mostrados se corresponden con las barras más solicitadas, es decir, con las que presentan un mayor índice de saturación.

En la estructura del tablero existen tres tipos distintos de barra, por lo que se indicará donde está situado el más solicitado en cada caso:

- PERFIL HEB 200. En la zona junto a la unión con la estructura del ascensor.
- PERFIL HEB 160. En un montante vertical de la zona central del tablero.
- TIRANTE R20. En la zona próxima a la unión con la estructura del ascensor.

### 2.1.4.1 PERFIL HEB 200

| Perfil: HE 200 B<br>Material: Acero (S275)  |                |              |                           |  |  |  |  |
|---|----------------|--------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Inicial   | Final          | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |  |
|   |                |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |  |
| N21   | N1             | 2.001        | 78.10                     | 5696.00  | 2003.00  | 59.28  |  |
| Notas:<br><sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado<br><sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme   |                |              |                           |  |  |  |  |
|    | Pandeo         |              | Pandeo lateral            |  |  |  |  |
|   | Plano XY       | Plano XZ     | Ala sup.                  | Ala inf.   |  |  |  |
|   | β              | 1.00         | 1.00                      | 0.00   | 0.00   |  |  |
|   | L <sub>K</sub> | 2.001        | 2.001                     | 0.000  | 0.000  |  |  |
|   | C <sub>m</sub> | 1.000        | 1.000                     | 1.000  | 1.000  |  |  |
| C <sub>1</sub>  | -              |              | 1.000                     |  |  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |                |              |                           |  |  |  |  |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)       |  |                |   |                        |                       |                       |                |                               |                               |                                |  |                |                               | Estado  |                               |
|--|------------------------------------|--|----------------|---|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|----------------|-------------------------------|---------|-------------------------------|
|  | $\bar{\lambda}$                    | $\bar{\lambda}_w$  | N <sub>t</sub> | N <sub>c</sub>                                | M <sub>y</sub>         | M <sub>z</sub>        | V <sub>z</sub>        | V <sub>y</sub> | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> |         | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |
| N21/N1   | $\bar{\lambda} \leq 3.0$<br>Cumple | $\bar{\lambda}_w \leq \bar{\lambda}_{w,m\acute{a}x}$<br>Cumple | η = 0.6        | N <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 1.901 m<br>η = 10.8 | x: 1.901 m<br>η = 4.1 | x: 1.901 m<br>η = 4.4 | η = 0.1        | η < 0.1                       | η < 0.1                       | x: 1.901 m<br>η = 13.2         | η < 0.1  | η = 39.5       | x: 1.901 m<br>η = 4.6         | η = 0.1 | <b>CUMPLE</b><br>η = 39.5     |
| Notación:<br>$\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez<br>$\bar{\lambda}_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida<br>N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |                                    |  |                |   |                        |                       |                       |                |                               |                               |                                |  |                |                               |         |                               |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.   |                                    |  |                |   |                        |                       |                       |                |                               |                               |                                |  |                |                               |         |                               |

#### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras traccionadas no debe superar el valor 3.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.46 ✓

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.

**A** : 78.10 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 1057.030 t

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N<sub>cr,y</sub>** : 3005.912 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.  $N_{cr,z} : \underline{1057.030}$  t

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.  $N_{cr,T} : \underline{\infty}$

Donde:

|   |   |
|---|---|
| $I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.              | $I_y : \underline{5696.00}$ cm <sup>4</sup>   |
| $I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.              | $I_z : \underline{2003.00}$ cm <sup>4</sup>   |
| $I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.                                  | $I_t : \underline{59.28}$ cm <sup>4</sup>     |
| $I_w$ : Constante de alabeo de la sección.                                      | $I_w : \underline{171100.00}$ cm <sup>6</sup> |
| $E$ : Módulo de elasticidad.  | $E : \underline{2140673}$ kp/cm <sup>2</sup>  |
| $G$ : Módulo de elasticidad transversal.  | $G : \underline{825688}$ kp/cm <sup>2</sup>   |
| $L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.          | $L_{ky} : \underline{2.001}$ m                |
| $L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.          | $L_{kz} : \underline{2.001}$ m                |
| $L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.                             | $L_{kt} : \underline{0.000}$ m                |
| $i_0$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | $i_0 : \underline{9.93}$ cm                   |

Siendo:

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| $i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.  | $i_y : \underline{8.54}$ cm |
|   | $i_z : \underline{5.06}$ cm |
| $y_0, z_0$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | $y_0 : \underline{0.00}$ mm |
|   | $z_0 : \underline{0.00}$ mm |

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$18.89 \leq 163.60 \quad \checkmark$$

Donde:

|   |   |
|---|---|
| $h_w$ : Altura del alma.                        | $h_w : \underline{170.00}$ mm                   |
| $t_w$ : Espesor del alma.                       | $t_w : \underline{9.00}$ mm                     |
| $A_w$ : Área del alma.                          | $A_w : \underline{15.30}$ cm <sup>2</sup>       |
| $A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida. | $A_{fc,ef} : \underline{30.00}$ cm <sup>2</sup> |

**k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{0.30}$$

**E**: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

**f<sub>yf</sub>**: Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

### Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.006} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.35·Panelesmetacrilato+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientolongitudinal+0.75·Nieve.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{1.188} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{208.509} \text{ t}$$

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>Mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.108} \checkmark$$

Para flexión positiva:

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.901 m del nudo N21, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.35·Panelesmetacrilato+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientovertical+0.75·Nieve.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.859} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{17.153} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**$W_{pl,y}$ :** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  **$W_{pl,y}$  :** 642.50 cm<sup>3</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.  **$f_{yd}$  :** 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**$f_y$  :** 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

**$\gamma_{Mo}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**$\gamma_{Mo}$  :** 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

### Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

**$\eta$  :** 0.041 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.901 m del nudo N21, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Cargasmuertas+0.8·Panelesmetacrilato+1.5·Vientotransversal.

**$M_{Ed}^+$ :** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**$M_{Ed}^+$  :** 0.333 t·m

Para flexión negativa:

**$M_{Ed}^-$ :** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**$M_{Ed}^-$  :** 0.000 t·m

El momento flector resistente de cálculo  **$M_{c,Rd}$**  viene dado por:

**$M_{c,Rd}$  :** 8.164 t·m

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase :** 1

**$W_{pl,z}$ :** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**$W_{pl,z}$  :** 305.80 cm<sup>3</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{yd}$  :** 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**$f_y$  :** 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

**$\gamma_{Mo}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**$\gamma_{Mo}$  :** 1.05

### Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

**$\eta$  :** 0.044 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.901 m del nudo N21, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.35·Panalesmetacrilato+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientovertical+0.75·Nieve.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.670} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{38.304} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{24.85} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$b$ : Ancho de la sección.

$$b : \underline{200.00} \text{ mm}$$

$t_f$ : Espesor del ala.

$$t_f : \underline{15.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.00} \text{ mm}$$

$r$ : Radio de acuerdo entre ala y alma.

$$r : \underline{18.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{mo} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$14.89 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{14.89}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

### Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Cargasmuertas} + 0.8 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.5 \cdot \text{Viento transversal}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 0.075 \text{ t}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd} : 96.800 \text{ t}$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v : 62.80 \text{ cm}^2$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.  $A : 78.10 \text{ cm}^2$

$d$ : Altura del alma.  $d : 170.00 \text{ mm}$

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w : 9.00 \text{ mm}$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{Mo} : 1.05$

### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$1.519 \text{ t} \leq 19.152 \text{ t}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.35 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 0.9 \cdot \text{Viento vertical} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 1.519 \text{ t}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : 38.304 \text{ t}$

### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.075 \text{ t} \leq 48.400 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $0.8 \cdot \text{PP} + 0.8 \cdot \text{Cargasmuertas} + 0.8 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.5 \cdot \text{Vientotransversal}$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.075} \text{ t}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{96.800} \text{ t}$$

### Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.132} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.129} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.901 m del nudo N21, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot \text{PP} + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.35 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.05 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 1.5 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

Donde:

$$N_{t,Ed}: \text{Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{t,Ed} : \underline{0.408} \text{ t}$$

$$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: \text{Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad M_{y,Ed} : \underline{1.538} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.333} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\text{Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.} \quad \text{Clase} : \underline{1}$$

$$N_{pl,Rd}: \text{Resistencia a tracción.} \quad N_{pl,Rd} : \underline{208.509} \text{ t}$$

$$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}: \text{Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad M_{pl,Rd,y} : \underline{17.153} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{8.164} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$$M_{ef,Ed}: \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{ef,Ed} : \underline{-1.511} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$$\sigma_{com,Ed}: \text{Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.} \quad \sigma_{com,Ed} : \underline{235.22} \text{ kp/cm}^2$$

$$W_{y,com}: \text{Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.} \quad W_{y,com} : \underline{642.50} \text{ cm}^3$$

$$A: \text{Área de la sección bruta.} \quad A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$$M_{b,Rd,y}: \text{Momento flector resistente de cálculo.} \quad M_{b,Rd,y} : \underline{17.153} \text{ t}\cdot\text{m}$$

### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot \text{PP} + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.35 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$$1.418 \text{ t} \leq 17.240 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,z} : \underline{1.418} \text{ t}$$

$$V_{c,Rd,z} : \underline{34.480} \text{ t}$$

### Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.395} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Cargasmuertas} + 0.8 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.5 \cdot \text{Vientotransversal}$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.241} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{0.609} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : \underline{39.52} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.046} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.901 m del nudo N21, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.35 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.569} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.144} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{34.480} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$  : 38.304 t  
 $\tau_{T,Ed}$  : 365.45 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$W_T$  : 39.52 cm<sup>3</sup>  
 $f_{yd}$  : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\gamma_{Mo}$  : 1.05

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 0.8·PP+0.8·Cargasmuertas+0.8·Panelesmetacrilato+1.5·Vientotransversal.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.075 t

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$  : 0.241 t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$  : 80.050 t

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$  : 96.800 t  
 $\tau_{T,Ed}$  : 609.08 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

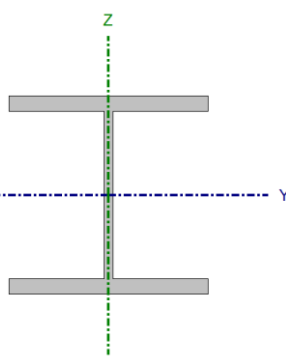
$W_T$  : 39.52 cm<sup>3</sup>  
 $f_{yd}$  : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\gamma_{Mo}$  : 1.05

### 2.1.4.2 PERFIL HEB 160

| Perfil: HE 160 B<br>Material: Acero (S275)  |                |              |                           |  |  |  |  |
|---|----------------|--------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Nudos   |                | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |  |
| Inicial   | Final          |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |  |
| N38   | N30            | 2.001        | 54.30                     | 2492.00  | 889.20   | 31.24  |  |
| Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme   |                |              |                           |  |  |  |  |
|    | Pandeo         |              | Pandeo lateral            |  |  |  |  |
|   | Plano XY       | Plano XZ     | Ala sup.                  | Ala inf.   |  |  |  |
|   | β              | 0.00         | 1.00                      | 0.00   | 0.50   |  |  |
|   | L <sub>K</sub> | 0.000        | 2.001                     | 0.000  | 1.000  |  |  |
|   | C <sub>m</sub> | 1.000        | 1.000                     | 1.000  | 1.000  |  |  |
| C <sub>1</sub>  | -              |              | 1.000                     |  |  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |                |              |                           |  |  |  |  |

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)    |  |   |                |                       |                       |                       |                     |                               |                               |                                |  |                |                               |                               |                           | Estado |
|---|---------------------------------|--|---|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|----------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------|
|   | $\bar{\lambda}$                 | $\lambda_w$  | N <sub>t</sub>                                | N <sub>c</sub> | M <sub>y</sub>        | M <sub>z</sub>        | V <sub>z</sub>        | V <sub>y</sub>      | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |                           |        |
| N38/N30   | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$<br>Cumple | N <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | η = 2.5        | x: 1.901 m<br>η = 9.0 | x: 1.901 m<br>η = 7.4 | x: 1.901 m<br>η = 3.4 | x: 1.9 m<br>η = 0.4 | η < 0.1                       | η < 0.1                       | x: 1.901 m<br>η = 15.3         | η < 0.1  | η = 34.3       | x: 1.901 m<br>η = 3.2         | x: 1.9 m<br>η = 0.5           | <b>CUMPLE</b><br>η = 34.3 |        |
| Notación:<br>λ̄: Limitación de esbeltez<br>λ <sub>w</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida<br>N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |                                 |  |   |                |                       |                       |                       |                     |                               |                               |                                |  |                |                               |                               |                           |        |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.   |                                 |  |   |                |                       |                       |                       |                     |                               |                               |                                |  |                |                               |                               |                           |        |

### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.34 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 54.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 1315.087 t

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **N<sub>cr,y</sub> :** 1315.087 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.  $N_{cr,z} : \infty$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.  $N_{cr,T} : 2039.393 \text{ t}$

Donde:

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| $I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.              | $I_y : 2492.00 \text{ cm}^4$  |
| $I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.              | $I_z : 889.20 \text{ cm}^4$   |
| $I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.                                  | $I_t : 31.24 \text{ cm}^4$    |
| $I_w$ : Constante de alabeo de la sección.                                      | $I_w : 47940.00 \text{ cm}^6$ |
| $E$ : Módulo de elasticidad.  | $E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$ |
| $G$ : Módulo de elasticidad transversal.  | $G : 825688 \text{ kp/cm}^2$  |
| $L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.          | $L_{ky} : 2.001 \text{ m}$    |
| $L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.          | $L_{kz} : 0.000 \text{ m}$    |
| $L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.                             | $L_{kt} : 1.000 \text{ m}$    |
| $i_0$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. | $i_0 : 7.89 \text{ cm}$       |

Siendo:

|   |                         |
|---|-------------------------|
| $i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.  | $i_y : 6.77 \text{ cm}$ |
|   | $i_z : 4.05 \text{ cm}$ |
| $y_0, z_0$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. | $y_0 : 0.00 \text{ mm}$ |
|   | $z_0 : 0.00 \text{ mm}$ |

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$16.75 \leq 164.47 \checkmark$$

Donde:

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| $h_w$ : Altura del alma.                        | $h_w : 134.00 \text{ mm}$        |
| $t_w$ : Espesor del alma.                       | $t_w : 8.00 \text{ mm}$          |
| $A_w$ : Área del alma.                          | $A_w : 10.72 \text{ cm}^2$       |
| $A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida. | $A_{fc,ef} : 20.80 \text{ cm}^2$ |

**k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{0.30}$$

**E**: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

**f<sub>yf</sub>**: Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

### Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

### Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.024} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.025} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+0.8·Panelesmetacrilato+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientovertical+0.75·Nieve.

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{3.445} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{144.969} \text{ t}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a pandeo (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{137.599} \text{ t}$$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.95}$$

Siendo:

$$\chi_T : 0.96$$

$$\phi_Y : 0.58$$

$$\phi_T : 0.56$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_Y : 0.34$$

$$\alpha_T : 0.49$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_Y : 0.34$$

$$\bar{\lambda}_T : 0.27$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : 1315.087 \text{ t}$$

$N_{cr,Y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,Y} : 1315.087 \text{ t}$$

$N_{cr,Z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,Z} : \infty$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : 2039.393 \text{ t}$$

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.090 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.901 m del nudo N38, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+0.8·Panelesmetacrilato+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientovertical+0.75·Nieve.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.848 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 9.451 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : 354.00 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{mo} : 1.05$$

### Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}_{LT}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : 0.00$$



$$\bar{\lambda}_{LT} : 0.26$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \infty$$

$$M_{cr}^- : 146.752 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV}^+ : \infty$$

$$M_{LTV}^- : 69.582 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW}^+ : \infty$$

$$M_{LTW}^- : 129.207 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : 311.50 \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : 889.20 \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : 31.24 \text{ cm}^4$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : 825688 \text{ kp/cm}^2$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : 0.000 \text{ m}$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : 1.000 \text{ m}$$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : 1.00$$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : 4.43 \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : 4.43 \text{ cm}$$

### Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.074 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.901 m del nudo N38, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Cargasmuertas} + 0.8 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.5 \cdot \text{Vientotransversal}$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.334 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 4.539 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{170.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.034} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.901 m del nudo N38, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+0.8·Panelesmetacrilato+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientovertical+0.75·Nieve.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.919} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{27.190} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{17.64} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

$b$ : Ancho de la sección.

$$b : \underline{160.00} \text{ mm}$$

$t_r$ : Espesor del ala.

$$t_r : \underline{13.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$$

$r$ : Radio de acuerdo entre ala y alma.

$$r : \underline{15.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

### Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$13.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{13.00}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$\varepsilon$ : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$ : 2395.51 kp/cm<sup>2</sup>

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$ : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

### Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.900 m del nudo N38, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Cargasmuertas+0.8·Panelesmetacrilato+1.5·Vientotransversal.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$ : 0.297 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$ : 67.174 t

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$ : 43.58 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$ : 54.30 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$ : 134.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$ : 8.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$ : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$ : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo}$ : 1.05

### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$0.776$  t  $\leq$   $13.595$  t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+0.8·Panelesmetacrilato+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientolongitudinal+0.75·Nieve.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.776 t

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 27.190 t

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$0.221 \text{ t} \leq 33.587 \text{ t}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Cargasmuertas+0.8·Panelesmetacrilato+1.5·Vientotransversal.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.221 t

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 67.174 t

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.153 ✓

$\eta$  : 0.125 ✓

$\eta$  : 0.130 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.901 m del nudo N38, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+0.8·Panelesmetacrilato+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientotransversal+0.75·Nieve.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 3.002 t

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}$  : 0.559 t·m

$M_{z,Ed}^+$  : 0.334 t·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$  : 144.969 t

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$  : 9.451 t·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 4.539 t·m

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 54.30 cm<sup>2</sup>

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y}$  : 354.00 cm<sup>3</sup>

$W_{pl,z}$  : 170.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$ : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\gamma_{M1}$ : 1.05

$k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$k_y$ : 1.00

$k_z$ : 1.00

$k_{y,LT}$ : 0.60

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$ : 1.00

$C_{m,z}$ : 1.00

$C_{m,LT}$ : 1.00

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\chi_y$ : 0.95

$\chi_z$ : 1.00

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$\chi_{LT}$ : 1.00

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$ : 0.34

$\bar{\lambda}_z$ : 0.00

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$\alpha_y$ : 0.60

$\alpha_z$ : 0.60

### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+0.8·Panelesmetacrilato+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientolongitudinal+0.75·Nieve.

$0.776 \text{ t} \leq 13.595 \text{ t}$  ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z}$ : 0.776 t

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$ : 27.190 t

### Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : 0.343 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 0.8·PP+0.8·Cargasmuertas+0.8·Panelesmetacrilato+1.5·Vientotransversal.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$ : 0.127 t·m

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{0.370} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.03} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.032} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.901 m del nudo N38, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 0.8 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.783} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.076} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{24.853} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{27.190} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{316.96} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.03} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.005} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.900 m del nudo N38, para la combinación de acciones  
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Cargasmuertas} + 0.8 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.5 \cdot \text{Vientotransversal}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.297} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.127} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{57.229} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{67.174} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{528.27} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.03} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### 2.1.4.3 PERFIL R20

| Perfil: R 20  |       | Material: Acero (S275) |                           |  |  |  |  |
|---|-------|------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Nudos   |       | Longitud (m)           | Características mecánicas |  |  |  |  |
| Inicial   | Final |                        | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |  |
| N21   | N30   | 2.283                  | 3.14                      | 0.79   | 0.79   | 1.57   |  |
| Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme   |       |                        |                           |  |  |  |  |
|   |       | Pandeo                 |                           | Pandeo lateral                                   |  |  |  |
|   |       | Plano XY               | Plano XZ                  | Ala sup.   | Ala inf.   |  |  |
| $\beta$   |       | 0.00                   | 0.00                      | 0.00   | 0.00   |  |  |
| $L_K$   |       | 0.000                  | 0.000                     | 0.000  | 0.000  |  |  |
| $C_m$   |       | 1.000                  | 1.000                     | 1.000  | 1.000  |  |  |
| $C_1$   |       | -                      |                           | 1.000  |  |  |  |
| Notación:<br>$\beta$ : Coeficiente de pandeo<br>$L_K$ : Longitud de pandeo (m)<br>$C_m$ : Coeficiente de momentos<br>$C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico |       |                        |                           |  |  |  |  |

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)       |               |  |  |  |  |  |                     |                     |                     |                     |  |                     | Estado              |                                |
|---|------------------------------------|---------------|--|--|--|--|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--|---------------------|---------------------|--------------------------------|
|   | $\bar{\lambda}$                    | $N_t$         | $N_c$                                  | $M_y$                                  | $M_z$                                  | $V_z$                                  | $V_y$                                  | $M_y V_z$           | $M_z V_y$           | $NM_y M_z$          | $NM_y M_z V_y V_z$  | $M_t$                                  | $M_t V_z$           |                     | $M_t V_y$                      |
| N21/N30   | $\bar{\lambda} \leq 4.0$<br>Cumple | $\eta = 35.9$ | $N_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(1)</sup> | $M_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(2)</sup> | $M_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(2)</sup> | $V_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(3)</sup> | $V_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(3)</sup> | N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(4)</sup> | N.P. <sup>(5)</sup> | N.P. <sup>(6)</sup> | $M_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(7)</sup> | N.P. <sup>(8)</sup> | N.P. <sup>(8)</sup> | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 35.9$ |
| <p>Notación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\bar{\lambda}</math>: Limitación de esbeltez</li> <li><math>N_t</math>: Resistencia a tracción</li> <li><math>N_c</math>: Resistencia a compresión</li> <li><math>M_y</math>: Resistencia a flexión eje Y</li> <li><math>M_z</math>: Resistencia a flexión eje Z</li> <li><math>V_z</math>: Resistencia a corte Z</li> <li><math>V_y</math>: Resistencia a corte Y</li> <li><math>M_y V_z</math>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</li> <li><math>M_z V_y</math>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</li> <li><math>NM_y M_z</math>: Resistencia a flexión y axil combinados</li> <li><math>NM_y M_z V_y V_z</math>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</li> <li><math>M_t</math>: Resistencia a torsión</li> <li><math>M_t V_z</math>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</li> <li><math>M_t V_y</math>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</li> <li><math>x</math>: Distancia al origen de la barra</li> <li><math>\eta</math>: Coeficiente de aprovechamiento (%)</li> <li>N.P.: No procede</li> </ul> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.</li> <li><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</li> <li><sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</li> <li><sup>(4)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</li> <li><sup>(5)</sup> No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</li> <li><sup>(6)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</li> <li><sup>(7)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</li> <li><sup>(8)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</li> </ul> |                                    |               |  |  |  |  |  |                     |                     |                     |                     |  |                     |                     |                                |

### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\mathbf{A} : \underline{3.14} \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{f}_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{\infty}$$

### Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.359} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+0.8·Panelesmetacrilato+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientovertical+0.75·Nieve.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{2.899} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{8.082} \text{ t}$$

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{A} : \underline{3.14} \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{f}_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$$\mathbf{\gamma}_{MO} : \underline{1.05}$$



**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

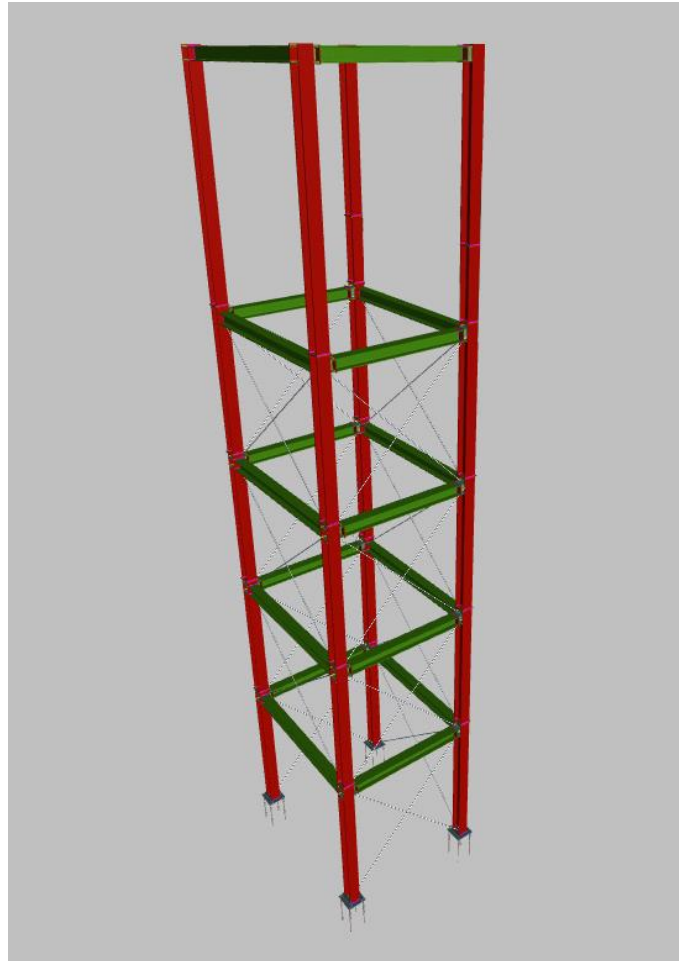
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

## 2.2 ASCENSOR

En la *Figura 7.1.2* se muestra el modelo 3D utilizado en Cype de la estructura del tablero.



*Figura 7.1.53. Modelo 3D de la estructura del ascensor. Fuente: autor*

### 2.2.1 PERFILES UTILIZADOS

| ZONA                | PERFIL  | UNIDADES | LONGITUD (m) |
|---------------------|---------|----------|--------------|
| Pilares principales | HEB 200 | 16       | 2,500        |
|                     |         | 4        | 3,666        |
| Vigas               | HEB 180 | 10       | 3,000        |
|                     |         | 10       | 2,500        |
| Arriostramientos    | R15     | 12       | 3,540        |
|                     |         | 12       | 3,910        |
|                     |         | 4        | 3,630        |
|                     |         | 2        | 3,986        |

*Tabla 7.1.41. Perfiles utilizados en la estructura del ascensor. Fuente: autor*

### 2.2.2 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN

Al igual que en el tablero, en la estructura del ascensor predominan los perfiles HEB, debido a las notables características que presentan, ya definidas anteriormente.

Los perfiles de mayor dimensión han sido colocados en los pilares, aportando estabilidad y rigidez en la orientación más desfavorable del viento, pudiendo así evitar el uso de perfiles en U soldados.

Para las vigas se ha elegido un HEB de menor dimensión, siendo necesario para suplir las necesidades resistentes de las distintas acciones.

Por último, para el arriostramiento, al igual que en el tablero, se ha optado por tirantes redondos. En primer lugar, se barajaron perfiles L, ya que resisten grandes esfuerzos con secciones pequeñas, pero visto que no iban a estar muy exigidos, se consideraron mejor opción los redondos.

### 2.2.3 COEFICIENTES DE PANDEO

Los coeficientes de pandeo correspondientes a cada barra se muestran en la Tabla 6.1.3.

| COEFICIENTES DE PANDEO     |             |             |
|----------------------------|-------------|-------------|
|                            | PLANO X-Y   | PLANO X-Z   |
| <b>Pilares principales</b> | 0,50 / 1,00 | 0,50 / 1,00 |
| <b>Vigas</b>               | 0,00 / 1,00 | 0,00 / 1,00 |
| <b>Arriostramientos</b>    | 1,00 / 1,00 | 1,00 / 1,00 |

Tabla 7.1.42. Coeficientes de pandeo de las barras de la estructura del ascensor. Fuente: autor

### 2.2.4 COMPROBACIÓN DE LOS PERFILES UTILIZADOS

A continuación, se adjuntan los listados de comprobaciones producto del cálculo de la estructura con el software Cype 3D 2019.h.

Cabe destacar que los listados mostrados se corresponden con las barras más solicitadas, es decir, con las que presentan un mayor índice de saturación.

En la estructura del tablero existen tres tipos distintos de barra, por lo que se indicará dónde está situado el más solicitado en cada caso:

- PERFIL HEB 200. Parte inferior, arranque de los pilares desde el terreno.
- PERFIL HEB 180. Vigas de la zona central.
- TIRANTE R15. En la zona central de la torre.

### 2.2.4.1 PERFIL HEB 200

| Perfil: HE 200 B<br>Material: Acero (S275)  |              |                           |  |  |  |       |
|---|--------------|---------------------------|--|--|--|-------|
| Nudos   | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |       |
|   |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |       |
| Inicial   | Final        |                           |  |  |  |       |
| N25   | N56          | 2.625                     | 78.10  | 5696.00  | 2003.00  | 59.28 |
| Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme   |              |                           |  |  |  |       |
|   |              | Pandeo                    |  | Pandeo lateral                                   |  |       |
|   |              | Plano XY                  | Plano XZ   | Ala sup.   | Ala inf.   |       |
| β   |              | 0.00                      | 1.00   | 0.00   | 0.50   |       |
| L <sub>K</sub>  |              | 0.000                     | 2.625  | 0.000  | 1.313  |       |
| C <sub>m</sub>  |              | 1.000                     | 1.000  | 1.000  | 1.000  |       |
| C <sub>1</sub>  |              | -                         |  | 1.000  |  |       |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |              |                           |  |  |  |       |

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)    |  |   |                   |                    |                   |                   |                   |                               |                               |                                |  |                |                               |                               | Estado                    |
|---|---------------------------------|--|---|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|----------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
|   | $\bar{\lambda}$                 | $\lambda_w$                                | N <sub>t</sub>                                | N <sub>c</sub>    | M <sub>Y</sub>     | M <sub>Z</sub>    | V <sub>Z</sub>    | V <sub>Y</sub>    | M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> | M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> | NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> | NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> | M <sub>t</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub> |                           |
| N25/N56   | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$<br>Cumple | N <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>η = 5.8 | x: 0 m<br>η = 17.6 | x: 0 m<br>η = 4.3 | x: 0 m<br>η = 5.0 | x: 0 m<br>η = 0.3 | η < 0.1                       | η < 0.1                       | x: 0 m<br>η = 24.1             | η < 0.1  | η < 0.1        | x: 0 m<br>η = 5.0             | η = 0.1                       | <b>CUMPLE</b><br>η = 24.1 |
| Notación:<br>λ̄: Limitación de esbeltez<br>λ <sub>w</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida<br>N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>Y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>Z</sub> : Resistencia a corte Z<br>V <sub>Y</sub> : Resistencia a corte Y<br>M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |                                 |  |   |                   |                    |                   |                   |                   |                               |                               |                                |  |                |                               |                               |                           |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.   |                                 |  |   |                   |                    |                   |                   |                   |                               |                               |                                |  |                |                               |                               |                           |

### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.35 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 78.10 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico. **N<sub>cr</sub>** : 1746.393 t

El axil crítico de pandeo elástico  $N_{cr}$  es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.  $N_{cr,y} : \underline{1746.393} \text{ t}$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.  $N_{cr,z} : \underline{\infty}$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.  $N_{cr,T} : \underline{2625.148} \text{ t}$

Donde:

$I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.  $I_y : \underline{5696.00} \text{ cm}^4$   
 $I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.  $I_z : \underline{2003.00} \text{ cm}^4$   
 $I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.  $I_t : \underline{59.28} \text{ cm}^4$   
 $I_w$ : Constante de alabeo de la sección.  $I_w : \underline{171100.00} \text{ cm}^6$   
 $E$ : Módulo de elasticidad.  $E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$   
 $G$ : Módulo de elasticidad transversal.  $G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$   
 $L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.  $L_{ky} : \underline{2.625} \text{ m}$   
 $L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.  $L_{kz} : \underline{0.000} \text{ m}$   
 $L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.  $L_{kt} : \underline{1.313} \text{ m}$   
 $i_0$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.  $i_0 : \underline{9.93} \text{ cm}$

Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.  $i_y : \underline{8.54} \text{ cm}$   
 $i_z : \underline{5.06} \text{ cm}$   
 $y_0, z_0$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.  $y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$   
 $z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$18.89 \leq 163.60 \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.  $h_w : \underline{170.00} \text{ mm}$

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{f_c,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$t_w : \underline{9.00} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{15.30} \text{ cm}^2$$

$$A_{f_c,ef} : \underline{30.00} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

### Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

### Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.054} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.058} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.35·Panelesmetacrilato+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientotransversal+0.75·Nieve.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{11.329} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{208.509} \text{ t}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

**$\gamma_{Mo}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a pandeo (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{196.816} \text{ t}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1}$  : 1.05

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_Y$  : 0.94

$\chi_T$  : 0.95

Siendo:

$\phi_Y$  : 0.59

$\phi_T$  : 0.56

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_Y$  : 0.34

$\alpha_T$  : 0.49

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_Y$  : 0.35

$\bar{\lambda}_T$  : 0.29

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr}$  : 1746.393 t

$N_{cr,Y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,Y}$  : 1746.393 t

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$  :  $\infty$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$  : 2625.148 t

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.176 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Cargasmuertas+1.35·Panelesmetacrilato+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientotransversal.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 3.022 t·m

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 0.000 t·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 17.153 t·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$  : 642.50 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

### Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}_{LT}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : 0.00$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : 0.27$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \infty$$

$$M_{cr}^- : 241.034 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV}^+ : \infty$$

$$M_{LTV}^- : 109.653 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW}^+ : \infty$$

$$M_{LTW}^- : 214.647 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : 569.60 \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : 2003.00 \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : 59.28 \text{ cm}^4$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : 825688 \text{ kp/cm}^2$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : 0.000 \text{ m}$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : 1.313 \text{ m}$$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : 1.00$$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : 5.54 \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : 5.54 \text{ cm}$$

### Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.043 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.35·Panelesmetacrilato+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientolongitudinal+0.75·Nieve.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.353 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 8.164 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

$$W_{pl,z} : 305.80 \text{ cm}^3$$



$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo}$  : 1.05

### Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.050 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Cargasmuertas+1.35·Panelesmetacrilato+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientotransversal.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 1.920 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 38.304 t

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 24.85 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$A$  : 78.10 cm<sup>2</sup>

$b$ : Ancho de la sección.

$b$  : 200.00 mm

$t_f$ : Espesor del ala.

$t_f$  : 15.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 9.00 mm

$r$ : Radio de acuerdo entre ala y alma.

$r$  : 18.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo}$  : 1.05

### Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**14.89 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 14.89

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 2395.51 kp/cm<sup>2</sup>

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

### Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.35·Panelesmetacrilato+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientolongitudinal+0.75·Nieve.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.298 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 96.800 t

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 62.80 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 78.10 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 170.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 9.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{MO}$  : 1.05

### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

1.920 t ≤ 19.152 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Cargasmuertas+1.35·Panelesmetacrilato+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientotransversal.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 1.920 t

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 38.304 t

### Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.298 \text{ t} \leq 48.400 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p $\acute{e}$ simos se producen para la combinaci3n de acciones  
 $1.35 \cdot \text{PP} + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.35 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.05 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 1.5 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de c\acute{a}lculo p\acute{e}simo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.298} \text{ t}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de c\acute{a}lculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{96.800} \text{ t}$$

### Resistencia a flexi3n y axil combinados (CTE DB SE-A, Art\acute{u}culo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.241} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.241} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.170} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de c\acute{a}lculo p $\acute{e}$ simos se producen en el nudo N25, para la combinaci3n de acciones  
 $1.35 \cdot \text{PP} + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.35 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.05 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 1.5 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

Donde:

$$N_{c,Ed}: \text{Axil de compresi3n solicitante de c\acute{a}lculo p\acute{e}simo.} \quad N_{c,Ed} : \underline{11.329} \text{ t}$$

$$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: \text{Momentos flectores solicitantes de c\acute{a}lculo p\acute{e}simos, seg\acute{u}n los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad M_{y,Ed} : \underline{3.022} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.084} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\text{Clase: Clase de la secci3n, seg\acute{u}n la capacidad de deformaci3n y de desarrollo de la resistencia pl\acute{a}stica de sus elementos planos, para axil y flexi3n simple.} \quad \text{Clase} : \underline{1}$$

$$N_{pl,Rd}: \text{Resistencia a compresi3n de la secci3n bruta.} \quad N_{pl,Rd} : \underline{208.509} \text{ t}$$

$$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}: \text{Resistencia a flexi3n de la secci3n bruta en condiciones pl\acute{a}sticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad M_{pl,Rd,y} : \underline{17.153} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{8.164} \text{ t}\cdot\text{m}$$

### Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Art\acute{u}culo 6.3.4.2)

$$A: \text{\u00c1rea de la secci3n bruta.} \quad A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$$W_{pl,y}, W_{pl,z}: \text{M3dulos resistentes pl\acute{a}sticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad W_{pl,y} : \underline{642.50} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{305.80} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de c\acute{a}lculo del acero.} \quad f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$$f_y: \text{L\acute{i}mite el\acute{a}stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M1}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacci3n.

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.60}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ ,  $C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$\begin{aligned}
 C_{m,y} &: 1.00 \\
 C_{m,z} &: 1.00 \\
 C_{m,LT} &: 1.00
 \end{aligned}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\begin{aligned}
 \chi_y &: 0.94 \\
 \chi_z &: 1.00
 \end{aligned}$$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : 1.00$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\begin{aligned}
 \bar{\lambda}_y &: 0.35 \\
 \bar{\lambda}_z &: 0.00
 \end{aligned}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\begin{aligned}
 \alpha_y &: 0.60 \\
 \alpha_z &: 0.60
 \end{aligned}$$

### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Cargasmuertas+1.35·Panelesmetacrilato+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientotransversal.

$$1.920 \text{ t} \leq 19.150 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{1.920}{t}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{38.299}{t}$$

### Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Cargasmuertas+0.8·Panelesmetacrilato+1.5·Vientotransversal.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{0.609} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{39.52} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.050} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N25, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.35 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.05 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 1.5 \cdot \text{Vientotransversal}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.920} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{38.299} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{38.304} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.46} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{39.52} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.35 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.087} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{96.793} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{96.800} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.28} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{39.52} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{mo}$  : 1.05

### 2.2.4.2 PERFIL HEB 180

| Perfil: HE 180 B  |       |              |                           |                                |                                |                                |
|---|-------|--------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Material: Acero (S275)  |       |              |                           |                                |                                |                                |
| Nudos   |       | Longitud (m) | Características mecánicas |                                |                                |                                |
| Inicial   | Final |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | $I_y^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> ) | $I_z^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> ) | $I_t^{(2)}$ (cm <sup>4</sup> ) |
| N54   | N56   | 3.009        | 65.30                     | 3831.00                        | 1363.00                        | 42.16                          |
| Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme   |       |              |                           |                                |                                |                                |
|   |       | Pandeo       |                           | Pandeo lateral                 |                                |                                |
|   |       | Plano XY     | Plano XZ                  | Ala sup.                       | Ala inf.                       |                                |
| $\beta$   |       | 0.00         | 1.00                      | 0.00                           | 0.50                           |                                |
| $L_K$   |       | 0.000        | 3.009                     | 0.000                          | 1.504                          |                                |
| $C_m$   |       | 1.000        | 1.000                     | 1.000                          | 1.000                          |                                |
| $C_1$   |       | -            |                           | 1.000                          |                                |                                |
| Notación:<br>$\beta$ : Coeficiente de pandeo<br>$L_K$ : Longitud de pandeo (m)<br>$C_m$ : Coeficiente de momentos<br>$C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico |       |              |                           |                                |                                |                                |

| Barra   | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)    |  |              |              |                             |                          |                            |                          |              |                          |                             |                    |  | Estado              |                     |                                |
|---|---------------------------------|--|--------------|--------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------|--|---------------------|---------------------|--------------------------------|
|   | $\bar{\lambda}$                 | $\lambda_w$  | $N_t$        | $N_c$        | $M_y$                       | $M_z$                    | $V_z$                      | $V_y$                    | $M_y V_z$    | $M_z V_y$                | $NM_y M_z$                  | $NM_y M_z V_y V_z$ | $M_t$                                  |                     | $M_t V_z$           | $M_t V_y$                      |
| N54/N56   | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$<br>Cumple | $\eta < 0.1$ | $\eta = 0.5$ | x: 2.909 m<br>$\eta = 18.3$ | x: 0.1 m<br>$\eta = 0.4$ | x: 2.909 m<br>$\eta = 5.7$ | x: 0.1 m<br>$\eta = 0.1$ | $\eta < 0.1$ | x: 0.1 m<br>$\eta < 0.1$ | x: 2.909 m<br>$\eta = 19.2$ | $\eta < 0.1$       | $M_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(1)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup> | N.P. <sup>(2)</sup> | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 19.2$ |
| Notación:<br>$\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez<br>$\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida<br>$N_t$ : Resistencia a tracción<br>$N_c$ : Resistencia a compresión<br>$M_y$ : Resistencia a flexión eje Y<br>$M_z$ : Resistencia a flexión eje Z<br>$V_z$ : Resistencia a corte Z<br>$V_y$ : Resistencia a corte Y<br>$M_y V_z$ : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>$M_z V_y$ : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>$NM_y M_z$ : Resistencia a flexión y axil combinados<br>$NM_y M_z V_y V_z$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>$M_t$ : Resistencia a torsión<br>$M_t V_z$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>$M_t V_y$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>$\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |                                 |  |              |              |                             |                          |                            |                          |              |                          |                             |                    |  |                     |                     |                                |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  |                                 |  |              |              |                             |                          |                            |                          |              |                          |                             |                    |  |                     |                     |                                |

### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.45 ✓

Donde:

Clase : 1

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{894.181} \text{ t}$$

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{894.181} \text{ t}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{1538.064} \text{ t}$$

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{3831.00} \text{ cm}^4$$

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{1363.00} \text{ cm}^4$$

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{42.16} \text{ cm}^4$$

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{93750.00} \text{ cm}^6$$

**E:** Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{3.009} \text{ m}$$

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{0.000} \text{ m}$$

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{1.504} \text{ m}$$

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{8.92} \text{ cm}$$

Siendo:

**i<sub>y</sub>, i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{7.66} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{4.57} \text{ cm}$$

**y<sub>0</sub>, z<sub>0</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$17.88 \leq 164.04 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$$h_w : \underline{152.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.50} \text{ mm}$$

$A_w$ : Área del alma.

$$A_w : \underline{12.92} \text{ cm}^2$$

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{25.20} \text{ cm}^2$$

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{0.30}$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.35 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.5 \cdot \text{Vientolongitudinal}$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{0.048} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{174.336} \text{ t}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$



**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Cargasmuertas} + 0.8 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.5 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{0.715} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{174.336} \text{ t}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{157.721} \text{ t}$$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.90}$$

$$\chi_T : \underline{0.93}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.65}$$

$$\phi_T : \underline{0.60}$$

|   |   |
|---|---|
| $\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.  | $\alpha_y$ : <u>0.34</u>                |
|   | $\alpha_T$ : <u>0.49</u>                |
| $\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.  | $\bar{\lambda}_y$ : <u>0.45</u>         |
|   | $\bar{\lambda}_T$ : <u>0.34</u>         |
| $N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: | $N_{cr}$ : <u>894.181</u> t             |
| $N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.                   | $N_{cr,y}$ : <u>894.181</u> t           |
| $N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.                   | $N_{cr,z}$ : <u><math>\infty</math></u> |
| $N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.                                     | $N_{cr,T}$ : <u>1538.064</u> t          |

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.183} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.909 m del nudo N54, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Cargasmuertas+1.35·Panelesmetacrilato+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientotransversal.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{2.352} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{12.852} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{481.40} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{mo} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}_{LT}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.00}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.34}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{\infty}$$

$$M_{cr}^- : \underline{119.188} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

**M<sub>LTv</sub>**: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv}^+ : \infty$$

$$M_{LTv}^- : 66.557 \text{ t}\cdot\text{m}$$

**M<sub>LTw</sub>**: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw}^+ : \infty$$

$$M_{LTw}^- : 98.873 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

**W<sub>el,y</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : 425.67 \text{ cm}^3$$

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : 1363.00 \text{ cm}^4$$

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : 42.16 \text{ cm}^4$$

**E**: Módulo de elasticidad.

$$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$$

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : 825688 \text{ kp/cm}^2$$

**L<sub>c</sub><sup>+</sup>**: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : 0.000 \text{ m}$$

**L<sub>c</sub><sup>-</sup>**: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : 1.504 \text{ m}$$

**C<sub>1</sub>**: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : 1.00$$

**i<sub>f,z</sub><sup>+</sup>**: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : 4.99 \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : 4.99 \text{ cm}$$

### Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.004 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.100 m del nudo N54, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Cargasmuertas+0.8·Panelesmetacrilato+1.5·Vientotransversal.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.028 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>C,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{C,Rd} : 6.167 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

**W<sub>pl,z</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : 231.00 \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$ : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$ : 1.05

### Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : 0.057 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.909 m del nudo N54, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·Cargasmuertas+1.35·Panelesmetacrilato+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientotransversal.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$ : 1.787 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$ : 31.275 t

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$ : 20.29 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$A$ : 65.30 cm<sup>2</sup>

$b$ : Ancho de la sección.

$b$ : 180.00 mm

$t_f$ : Espesor del ala.

$t_f$ : 14.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$ : 8.50 mm

$r$ : Radio de acuerdo entre ala y alma.

$r$ : 15.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$ : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$ : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$ : 1.05

### Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**14.35 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$ : 14.35

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : 64.71

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$ : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 2395.51 kp/cm<sup>2</sup>

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

### Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.100 m del nudo N54, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Cargasmuertas+0.8·Panelesmetacrilato+1.5·Vientolongitudinal.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.063 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 80.738 t

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 52.38 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 65.30 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 152.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 8.50 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo}$  : 1.05

### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

**1.534 t ≤ 15.637 t** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Cargasmuertas+0.8·Panelesmetacrilato+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientotransversal.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 1.534 t

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 31.275 t

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$0.063 \text{ t} \leq 40.369 \text{ t}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.100 m del nudo N54, para la combinación de acciones  
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Cargasmuertas} + 0.8 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.5 \cdot \text{Vientolongitudinal}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.063 t

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 80.738 t

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.192 ✓

$\eta$  : 0.190 ✓

$\eta$  : 0.118 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.909 m del nudo N54, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.35 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.05 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 1.5 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 0.705 t

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}$  : 2.352 t·m

$M_{z,Ed}$  : 0.028 t·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$  : 174.336 t

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$  : 12.852 t·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 6.167 t·m

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 65.30 cm<sup>2</sup>

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y}$  : 481.40 cm<sup>3</sup>

$W_{pl,z}$  : 231.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1}$  : 1.05

$k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$k_y$  : 1.00

$k_z$  : 1.00

$k_{y,LT}$  : 0.60

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$  : 1.00

$C_{m,z}$  : 1.00

$C_{m,LT}$  : 1.00

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\chi_y$  : 0.90

$\chi_z$  : 1.00

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$\chi_{LT}$  : 1.00

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$  : 0.45

$\bar{\lambda}_z$  : 0.00

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$\alpha_y$  : 0.60

$\alpha_z$  : 0.60

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Cargasmuertas+0.8·Panelesmetacrilato+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientotransversal.

**1.534 t ≤ 15.637 t** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z}$  : 1.534 t

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$  : 31.275 t

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

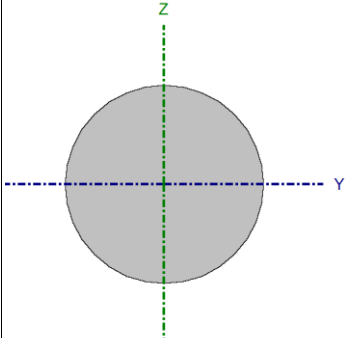
### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### 2.2.4.3 PERFIL R15

| Perfil: R 15<br>Material: Acero (S275)  |                |              |                           |  |  |  |  |
|---|----------------|--------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Nudos   |                | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |  |
| Inicial   | Final          |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |  |
| N45   | N2             | 3.912        | 1.77                      | 0.25   | 0.25   | 0.50   |  |
| Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme   |                |              |                           |  |  |  |  |
|    | Pandeo         |              | Pandeo lateral            |  |  |  |  |
|   | Plano XY       | Plano XZ     | Ala sup.                  | Ala inf.   |  |  |  |
|   | β              | 0.00         | 0.00                      | 0.00   | 0.00   |  |  |
|   | L <sub>K</sub> | 0.000        | 0.000                     | 0.000  | 0.000  |  |  |
|   | C <sub>m</sub> | 1.000        | 1.000                     | 1.000  | 1.000  |  |  |
| C <sub>1</sub>  | -              |              | 1.000                     |  |  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |                |              |                           |  |  |  |  |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)       |                |   |   |   |   |   |                               |                               |                                |  |   | Estado              |                               |                                |
|--|------------------------------------|----------------|---|---|---|---|---|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|---|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|
|  | $\bar{\lambda}$                    | N <sub>t</sub> | N <sub>c</sub>                                | M <sub>y</sub>                                | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>                                | V <sub>y</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                |                     | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>  |
| N45/N2   | $\bar{\lambda} \leq 4.0$<br>Cumple | $\eta = 61.2$  | N <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(1)</sup> | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(3)</sup> | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(3)</sup> | N.P. <sup>(4)</sup>           | N.P. <sup>(4)</sup>           | N.P. <sup>(5)</sup>            | N.P. <sup>(6)</sup>  | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(7)</sup> | N.P. <sup>(8)</sup> | N.P. <sup>(8)</sup>           | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 61.2$ |
| Notación:<br>$\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez<br>N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede |                                    |                |   |   |   |   |   |                               |                               |                                |  |   |                     |                               |                                |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br>(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.<br>(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br>(3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br>(4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(5) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(6) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br>(7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br>(8) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.   |                                    |                |   |   |   |   |   |                               |                               |                                |  |   |                     |                               |                                |

#### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} < \mathbf{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

**A**: 1.77 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>**: 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>**: ∞



### **Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.612} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Cargasmuertas} + 0.8 \cdot \text{Panelesmetacrilato} + 1.5 \cdot \text{Vientotransversal}$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{2.889} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{4.718} \text{ t}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{1.77} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

### **Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### 3 UNIONES

Las uniones que ensamblan las distintas barras de la estructura también han sido generadas y calculadas con el software Cype 2019.h. En las librerías de dicho software hay un listado de unas 90 uniones aproximadamente, por lo que, si disponemos un tipo de unión que no este comprendido en ese listado, el programa no podrá generarla. En ese caso, será necesaria la comprobación manual de la misma.

En la Figura 7.1.3 se muestra una referencia con los distintos tipos de unión proyectados en la estructura.

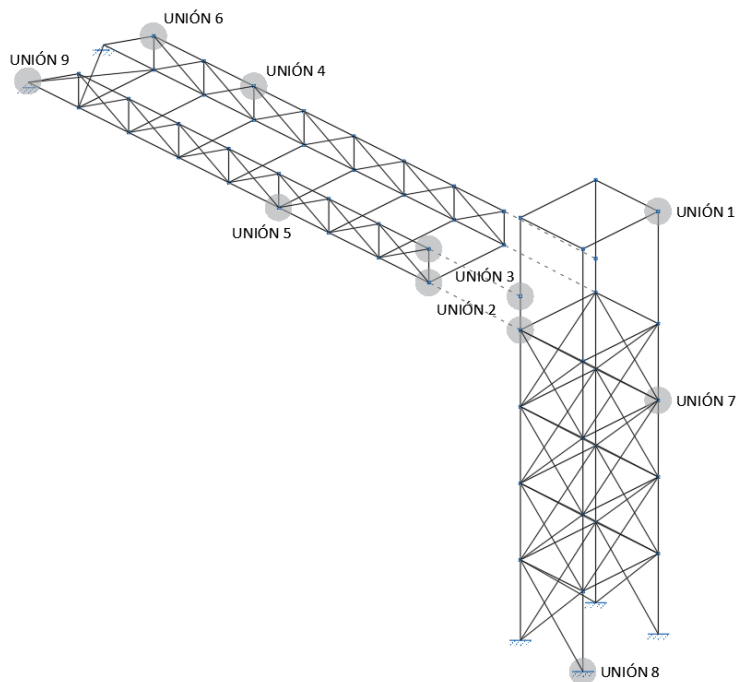


Figura 7.1.54. Distintos tipos de unión existentes en la estructura. Fuente: autor

### 3.1 COMPROBACIÓN DE LAS UNIONES

#### 3.1.1 UNIONES TIPO 1

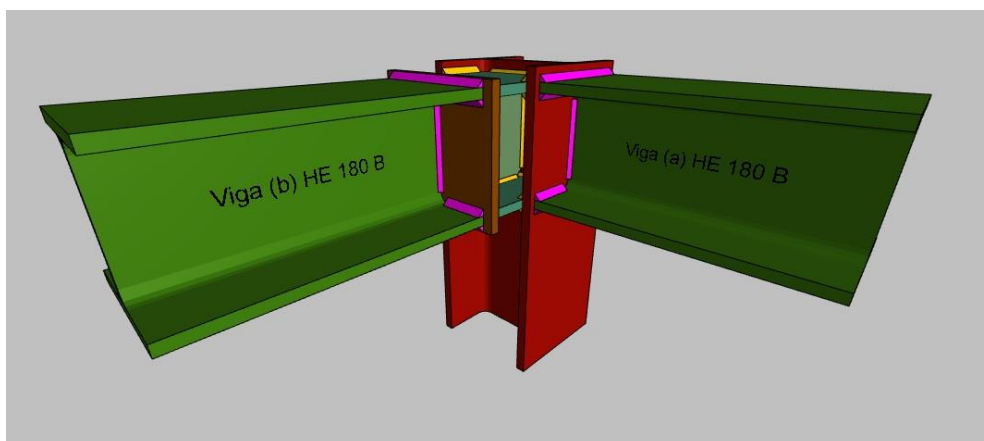
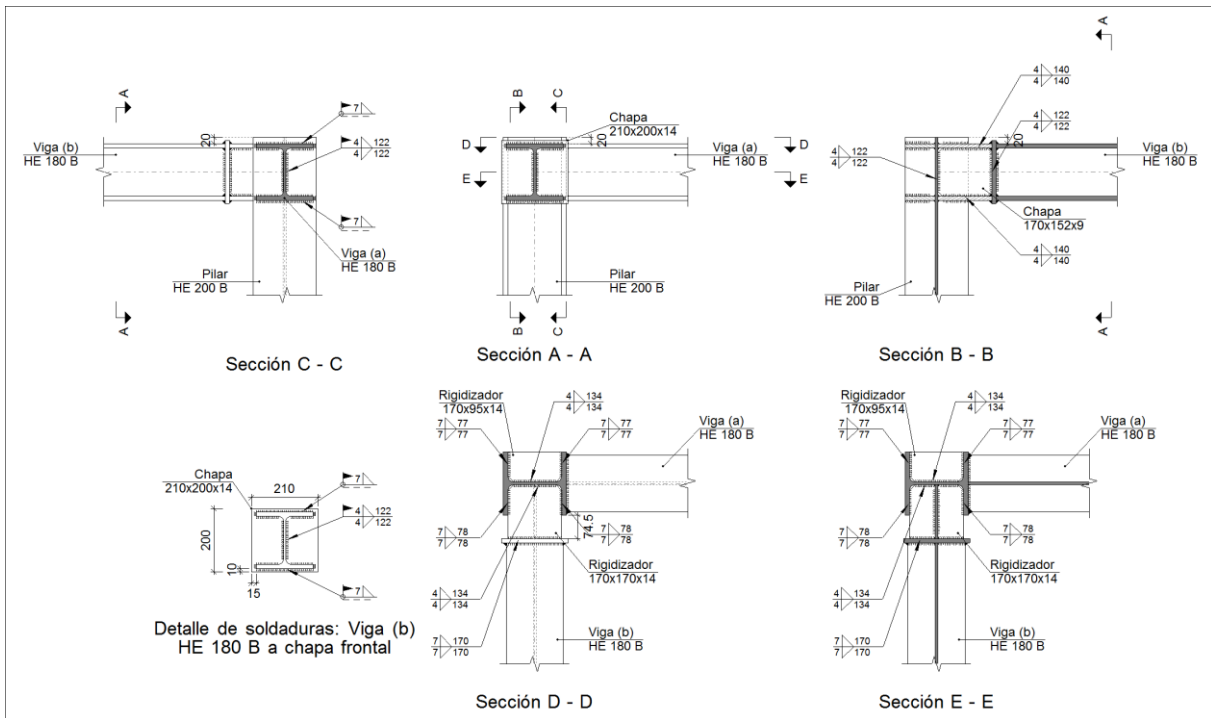
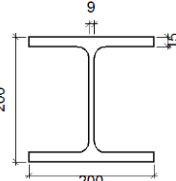
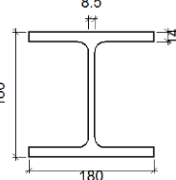


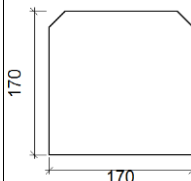
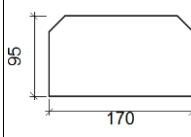
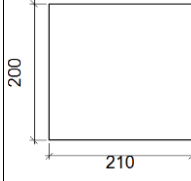
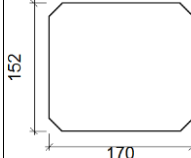
Figura 7.1.55. Modelo 3D de las uniones de tipo 1. Fuente: autor

### 3.1.1.1 DETALLE DE LA UNIÓN



### 3.1.1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA UNIÓN

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |                             |                             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |                             |                             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> ) | $f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> ) |
| Pilar    | HE 200 B    |  | 200              | 200                | 15                   | 9                     | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Viga     | HE 180 B    |  | 180              | 180                | 14                   | 8.5                   | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |

| Elementos complementarios                   |  |            |            |              |       |                             |                             |
|---|--|------------|------------|--------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| Pieza                                       | Geometría  |            |            |              | Acero |                             |                             |
|   | Esquema  | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Tipo  | $f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> ) | $f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> ) |
| Rigidizador                                 |   | 170        | 170        | 14           | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Rigidizador                                 |   | 170        | 95         | 14           | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) HE 180 B |   | 210        | 200        | 14           | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) HE 180 B |  | 170        | 152        | 9            | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |

### 3.1.1.3 COMPROBACIONES

#### 1) Pilar HE 200 B

| Comprobaciones de resistencia      |                                |                   |        |            |            |
|------------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                         | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Panel                              | Esbeltez                       | --                | --     | --         | 29.19      |
|                                    | Cortante                       | kN                | 57.31  | 244.96     | 23.39      |
| Rigidizador superior               | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 29.37  | 261.90     | 11.21      |
| Rigidizador inferior               | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 27.31  | 261.90     | 10.43      |
| Rigidizador superior               | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 25.24  | 261.90     | 9.64       |
| Rigidizador inferior               | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 27.27  | 261.90     | 10.41      |
| Chapa frontal [Viga (b) HE 180 B]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |
|                                    | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2          | 0.00       |
| Chapa vertical [Viga (b) HE 180 B] | Cortante                       | kN                | 4.16   | 190.53     | 2.18       |
| Ala                                | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup> | 25.68  | 261.90     | 9.81       |
|                                    | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup> | 19.29  | 261.90     | 7.37       |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | En ángulo                           | 7                                   | 78                                   | 14.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | En ángulo                           | 4                                   | 134                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | En ángulo                           | 7                                   | 210                                  | 14.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | En ángulo                           | 7                                   | 78                                   | 14.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | En ángulo                           | 4                                   | 134                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | En ángulo                           | 7                                   | 210                                  | 14.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | En ángulo                           | 7                                   | 77                                   | 14.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | En ángulo                           | 4                                   | 134                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | En ángulo                           | 7                                   | 77                                   | 14.0                       | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | En ángulo                           | 4                                   | 134                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | En ángulo                           | 4                                   | 122                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | En ángulo                           | 4                                   | 122                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | En ángulo                           | 4                                   | 140                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | En ángulo                           | 4                                   | 140                                  | 9.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 18.9                                | 18.9                                | 7.0                                  | 39.7                       | 10.29           | 19.1                                | 5.82       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 26.4                                 | 45.8                       | 11.87           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 3.4                                 | 3.4                                 | 0.0                                  | 6.8                        | 1.77            | 3.4                                 | 1.04       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 17.6                                | 17.6                                | 6.5                                  | 37.0                       | 9.58            | 17.6                                | 5.37       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 25.4                                 | 44.0                       | 11.41           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | 3.8                                 | 3.8                                 | 0.0                                  | 7.6                        | 1.98            | 3.8                                 | 1.16       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 17.7                                | 17.7                                | 1.5                                  | 35.6                       | 9.23            | 17.8                                | 5.41       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 25.4                                 | 43.9                       | 11.38           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 19.3                                | 19.3                                | 0.0                                  | 38.6                       | 9.99            | 19.3                                | 5.88       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 27.4                                 | 47.5                       | 12.30           | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 3.5                                  | 6.1                        | 1.58            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | 0.0                                 | 0.0                                 | 3.5                                  | 6.1                        | 1.58            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | 0.0                                 | 0.0                                 | 3.7                                  | 6.5                        | 1.67            | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

| Comprobación de resistencia                            |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|--|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                      | 0.0                                    | 3.7  | 6.5                           | 1.67          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |

## 2) Viga (a) HE 180 B

### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 7         | 180       | 14.0      | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4         | 122       | 8.5       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 7         | 180       | 14.0      | 90.00              |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 25.7                                     | 25.7                                   | 0.2  | 51.4                          | 13.32         | 25.7                                     | 7.84          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 12.5                                     | 12.5                                   | 8.7  | 29.2                          | 7.56          | 12.5                                     | 3.80          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 25.8                                     | 25.8                                   | 0.2  | 51.6                          | 13.36         | 25.8                                     | 7.86          | 410.0                         | 0.85      |

## 3) Viga (b) HE 180 B

### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 7         | 180       | 14.0      | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4         | 122       | 8.5       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 7         | 180       | 14.0      | 90.00              |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 7.8                                      | 7.8                                    | 0.4  | 15.7                          | 4.07          | 7.8                                      | 2.39          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 0.0                                      | 0.0                                    | 3.5  | 6.1                           | 1.58          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 7.7                                      | 7.7                                    | 0.4  | 15.3                          | 3.97          | 7.7                                      | 2.33          | 410.0                         | 0.85      |

### 3.1.1.4 MEDICIÓN

| Soldaduras                     |                        |           |                             |                              |
|--------------------------------|------------------------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| $f_u$<br>(kp/cm <sup>2</sup> ) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 4179.4                         | En taller              | En ángulo | 4                           | 2120                         |
|                                |                        |           | 7                           | 2076                         |
|                                | En el lugar de montaje | En ángulo | 4                           | 488                          |
|                                |                        |           | 7                           | 1398                         |

| Chapas   |               |          |                     |              |       |
|----------|---------------|----------|---------------------|--------------|-------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones<br>(mm) | Peso<br>(kg) |       |
| S275     | Rigidizadores | 2        | 170x170x14          | 6.35         |       |
|          |               | 2        | 170x95x14           | 3.55         |       |
|          | Chapas        | 1        | 170x152x9           | 1.83         |       |
|          |               | 1        | 210x200x14          | 4.62         |       |
|          | Total         |          |                     |              | 16.34 |

### 3.1.2 UNIONES TIPO 2

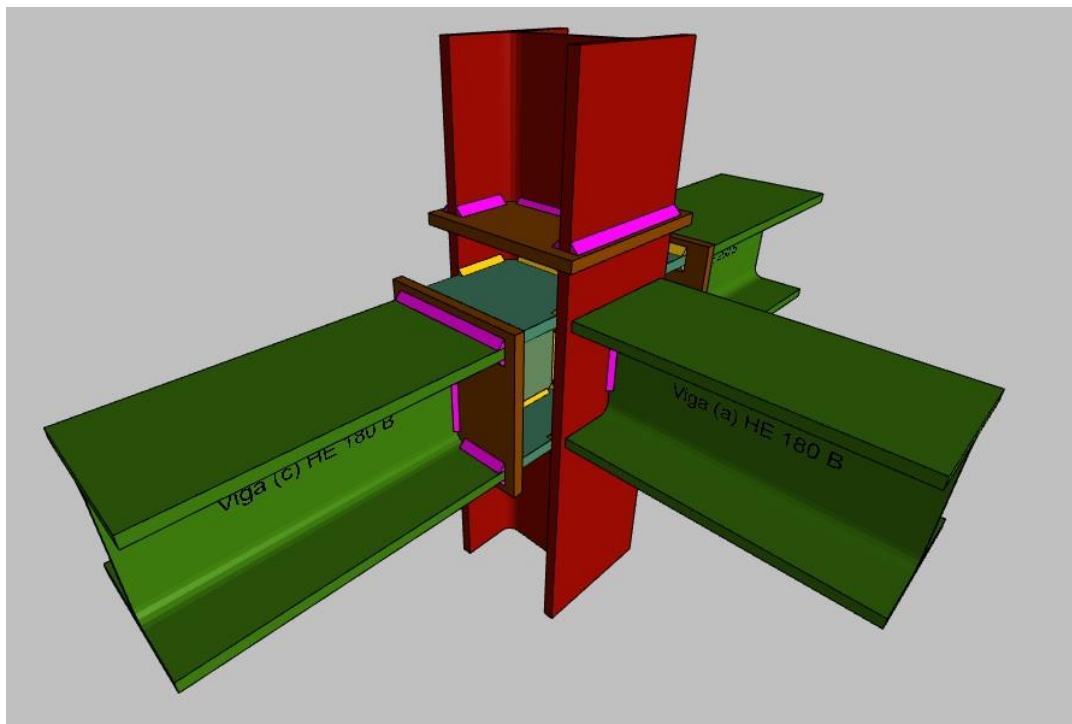
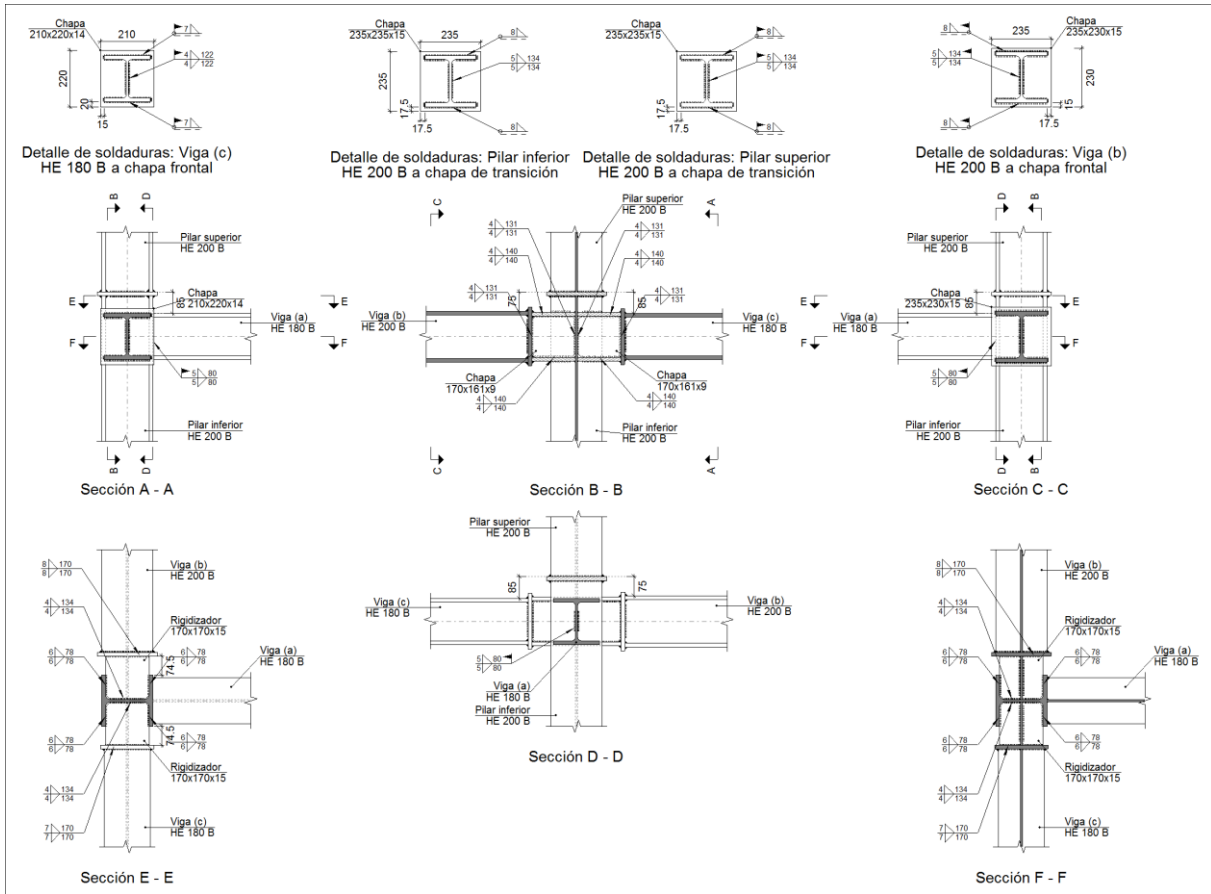


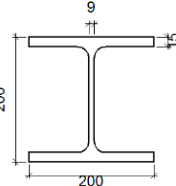
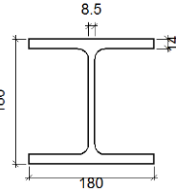
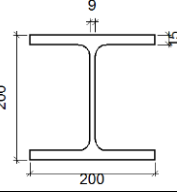
Figura 7.1.56. Modelo 3D de las uniones de tipo 2. Fuente: autor

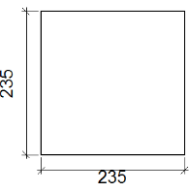
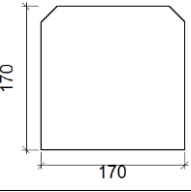
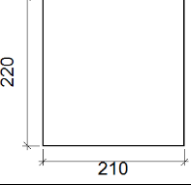
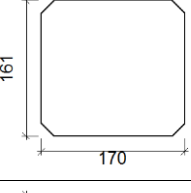
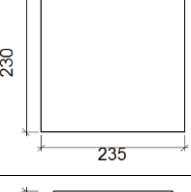
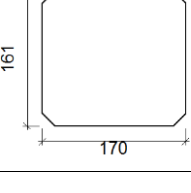


### 3.1.2.1 DETALLE DE LA UNIÓN



### 3.1.2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA UNIÓN

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |      |                             |                             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|------|-----------------------------|-----------------------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría   |                  |                    |                      | Acero                 |      |                             |                             |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo | $f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> ) | $f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> ) |
| Pilar    | HE 200 B    |  | 200              | 200                | 15                   | 9                     | S275 | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Viga     | HE 180 B    |  | 180              | 180                | 14                   | 8.5                   | S275 | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Viga     | HE 200 B    |  | 200              | 200                | 15                   | 9                     | S275 | 2803.3                      | 4179.4                      |

| Elementos complementarios                      |   |            |            |              |       |                             |                             |
|--|---|------------|------------|--------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| Pieza  | Geometría   |            |            |              | Acero |                             |                             |
|  | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Tipo  | $f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> ) | $f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> ) |
| Chapa de transición                            |    | 235        | 235        | 15           | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Rigidizador                                    |    | 170        | 170        | 15           | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (c)<br>HE 180 B |    | 210        | 220        | 14           | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Chapa vertical de la viga Viga (c)<br>HE 180 B |   | 170        | 161        | 9            | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b)<br>HE 200 B |  | 235        | 230        | 15           | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Chapa vertical de la viga Viga (b)<br>HE 200 B |  | 170        | 161        | 9            | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |

### 3.1.2.3 COMPROBACIONES

#### 1) Chapa de transición

| Comprobación                   | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|--------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Interacción flexión - cortante | --       | --     | --         | 0.00       |
| Deformación admisible          | mRad     | --     | 2          | 0.00       |

#### 2) Pilar superior HE 200 B

### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 8      | 200    | 15.0   | 90.00           |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 5      | 134    | 9.0    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 8      | 200    | 15.0   | 90.00           |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|                             | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior  | 15.4                                | 15.4                                | 4.3                                  | 31.8                       | 8.23       | 15.4                                | 4.71       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma          | 3.5                                 | 3.5                                 | 5.0                                  | 11.2                       | 2.90       | 3.5                                 | 1.08       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior  | 16.3                                | 16.3                                | 1.7                                  | 32.8                       | 8.51       | 16.4                                | 4.98       | 410.0                               | 0.85           |

### 3) Pilar inferior HE 200 B

| Comprobaciones de resistencia      |                                |                   |        |            |            |
|------------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                         | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Panel                              | Esbeltez                       | --                | --     | --         | 29.19      |
|                                    | Cortante                       | kN                | 13.45  | 244.96     | 5.49       |
| Rigidizador superior               | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 46.17  | 261.90     | 17.63      |
| Rigidizador inferior               | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 61.30  | 261.90     | 23.41      |
| Rigidizador superior               | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 88.08  | 261.90     | 33.63      |
| Rigidizador inferior               | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 89.99  | 261.90     | 34.36      |
| Chapa frontal [Viga (c) HE 180 B]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |
|                                    | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2          | 0.00       |
| Chapa vertical [Viga (c) HE 180 B] | Cortante                       | kN                | 8.34   | 190.53     | 4.38       |
| Chapa frontal [Viga (b) HE 200 B]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |
|                                    | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2          | 0.00       |
| Chapa vertical [Viga (b) HE 200 B] | Cortante                       | kN                | 18.56  | 190.53     | 9.74       |
| Ala                                | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup> | 53.47  | 261.90     | 20.42      |
|                                    | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup> | 55.60  | 261.90     | 21.23      |

### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                    |           |        |        |        |                 |
|---|-----------|--------|--------|--------|-----------------|
| Ref.  | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |
| Soldadura del ala superior                    | En ángulo | 8      | 200    | 15.0   | 90.00           |
| Soldadura del alma                            | En ángulo | 5      | 134    | 9.0    | 90.00           |
| Soldadura del ala inferior                    | En ángulo | 8      | 200    | 15.0   | 90.00           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | En ángulo | 6      | 78     | 15.0   | 90.00           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |

| Comprobaciones geométricas   |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |            |                            |           |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|---|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                  | a (mm)                              | l (mm)                                  | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | En ángulo                             | 7                                   | 210                                     | 14.0                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | En ángulo                             | 6                                   | 78                                      | 15.0                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | En ángulo                             | 4                                   | 134                                     | 9.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | En ángulo                             | 7                                   | 210                                     | 14.0                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | En ángulo                             | 6                                   | 78                                      | 15.0                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | En ángulo                             | 4                                   | 134                                     | 9.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | En ángulo                             | 8                                   | 235                                     | 15.0                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | En ángulo                             | 6                                   | 78                                      | 15.0                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | En ángulo                             | 4                                   | 134                                     | 9.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | En ángulo                             | 8                                   | 235                                     | 15.0                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | En ángulo                             | 4                                   | 131                                     | 9.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | En ángulo                             | 4                                   | 131                                     | 9.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | En ángulo                             | 4                                   | 140                                     | 9.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | En ángulo                             | 4                                   | 140                                     | 9.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | En ángulo                             | 4                                   | 131                                     | 9.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | En ángulo                             | 4                                   | 131                                     | 9.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | En ángulo                             | 4                                   | 140                                     | 9.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | En ángulo                             | 4                                   | 140                                     | 9.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Comprobación de resistencia  |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |   |                            |                 | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del ala superior   | 15.4                                  | 15.4                                | 4.3                                     | 31.8                       | 8.23            | 15.4                                  | 4.71       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del alma   | 3.5                                   | 3.5                                 | 5.0                                     | 11.2                       | 2.90            | 3.5                                   | 1.08       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior   | 16.3                                  | 16.3                                | 1.7                                     | 32.8                       | 8.51            | 16.4                                  | 4.98       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 0.0                                   | 0.0                                 | 33.3                                    | 57.7                       | 14.96           | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                   | 0.0                                 | 0.5                                     | 0.9                        | 0.22            | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 16.0                                  | 16.0                                | 0.0                                     | 32.0                       | 8.29            | 16.0                                  | 4.88       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 0.0                                   | 0.0                                 | 44.2                                    | 76.6                       | 19.86           | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                   | 0.0                                 | 1.7                                     | 3.0                        | 0.76            | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | 16.2                                  | 16.2                                | 0.0                                     | 32.4                       | 8.39            | 16.2                                  | 4.93       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 0.0                                   | 0.0                                 | 63.6                                    | 110.1                      | 28.53           | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                   | 0.0                                 | 12.1                                    | 20.9                       | 5.41            | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 25.9                                  | 25.9                                | 0.0                                     | 51.8                       | 13.43           | 25.9                                  | 7.90       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 0.0                                   | 0.0                                 | 64.9                                    | 112.5                      | 29.15           | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |

| Comprobación de resistencia                            |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|--|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | 0.0                                      | 0.0                                    | 13.0                                       | 22.5                          | 5.82          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | 24.4                                     | 24.4                                   | 0.0  | 48.9                          | 12.67         | 24.5                                     | 7.45          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                      | 0.0                                    | 7.0  | 12.1                          | 3.12          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                      | 0.0                                    | 7.0  | 12.1                          | 3.12          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                      | 0.0                                    | 7.4  | 12.9                          | 3.34          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                      | 0.0                                    | 7.4  | 12.9                          | 3.34          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                      | 0.0                                    | 15.4                                       | 26.7                          | 6.92          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                      | 0.0                                    | 15.4                                       | 26.7                          | 6.92          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                      | 0.0                                    | 16.6                                       | 28.7                          | 7.44          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                      | 0.0                                    | 16.6                                       | 28.7                          | 7.44          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |

#### 4) Viga (a) HE 180 B

| Comprobaciones de resistencia |                      |                   |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Alma                          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 18.14  | 261.90     | 6.93       |

#### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |  |  |  |                               |                    |  |               |                               |           |
|--|--|--|--|-------------------------------|--------------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                     | a<br>(mm)                              | l<br>(mm)                                  | t<br>(mm)                     | Ángulo<br>(grados) |  |               |                               |           |
| Soldadura del alma   | En ángulo                                | 5                                      | 80   | 8.5                           | 90.00              |  |               |                               |           |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |  |  |  |                               |                    |  |               |                               |           |
| Comprobación de resistencia  |  |  |  |                               |                    |  |               |                               |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |                    | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%)      | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del alma   | 7.2                                      | 7.2                                    | 6.5  | 18.3                          | 4.75               | 7.3                                      | 2.22          | 410.0                         | 0.85      |

5) Viga (c) HE 180 B

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                  | a (mm)                              | l (mm)                           | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo                             | 7                                   | 180                              | 14.0                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del alma   | En ángulo                             | 4                                   | 122                              | 8.5                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo                             | 7                                   | 180                              | 14.0                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Comprobación de resistencia  |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |                                  |                            |                 | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del ala superior   | 22.0                                  | 22.0                                | 0.3                              | 44.0                       | 11.39           | 22.0                                  | 6.70       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del alma   | 0.0                                   | 0.0                                 | 7.5                              | 12.9                       | 3.35            | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior   | 22.5                                  | 22.5                                | 0.4                              | 45.0                       | 11.66           | 22.5                                  | 6.86       | 410.0                      | 0.85      |

6) Viga (b) HE 200 B

Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                  | a (mm)                              | l (mm)                           | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo                             | 8                                   | 200                              | 15.0                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del alma   | En ángulo                             | 5                                   | 134                              | 9.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo                             | 8                                   | 200                              | 15.0                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Comprobación de resistencia  |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |                                  |                            |                 | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del ala superior   | 26.6                                  | 26.6                                | 2.4                              | 53.5                       | 13.85           | 26.6                                  | 8.12       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del alma   | 0.0                                   | 0.0                                 | 12.1                             | 20.9                       | 5.41            | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior   | 25.3                                  | 25.3                                | 2.5                              | 50.8                       | 13.16           | 25.3                                  | 7.72       | 410.0                      | 0.85      |

### 3.1.2.4 MEDICIÓN

| Soldaduras                     |                        |           |                             |                              |
|--------------------------------|------------------------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| $f_u$<br>(kp/cm <sup>2</sup> ) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 4179.4                         | En taller              | En ángulo | 4                           | 3240                         |
|                                |                        |           | 5                           | 268                          |
|                                |                        |           | 6                           | 1240                         |
|                                |                        |           | 7                           | 840                          |
|                                |                        |           | 8                           | 1710                         |
|                                | En el lugar de montaje | En ángulo | 4                           | 244                          |
|                                |                        |           | 5                           | 696                          |
|                                |                        |           | 7                           | 699                          |
|                                |                        |           | 8                           | 1540                         |

| Chapas   |               |          |                     |              |
|----------|---------------|----------|---------------------|--------------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones<br>(mm) | Peso<br>(kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 170x170x15          | 13.61        |
|          | Chapas        | 2        | 170x161x9           | 3.87         |
|          |               | 1        | 210x220x14          | 5.08         |
|          |               | 1        | 235x235x15          | 6.50         |
|          |               | 1        | 235x230x15          | 6.36         |
|          | Total         |          |                     |              |

### 3.1.3 UNIONES TIPO 3

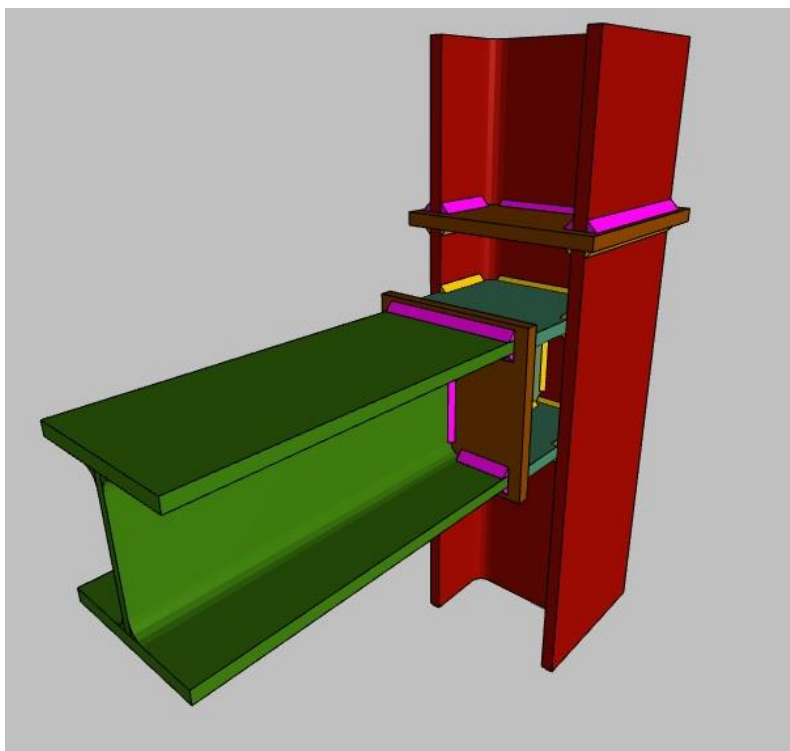
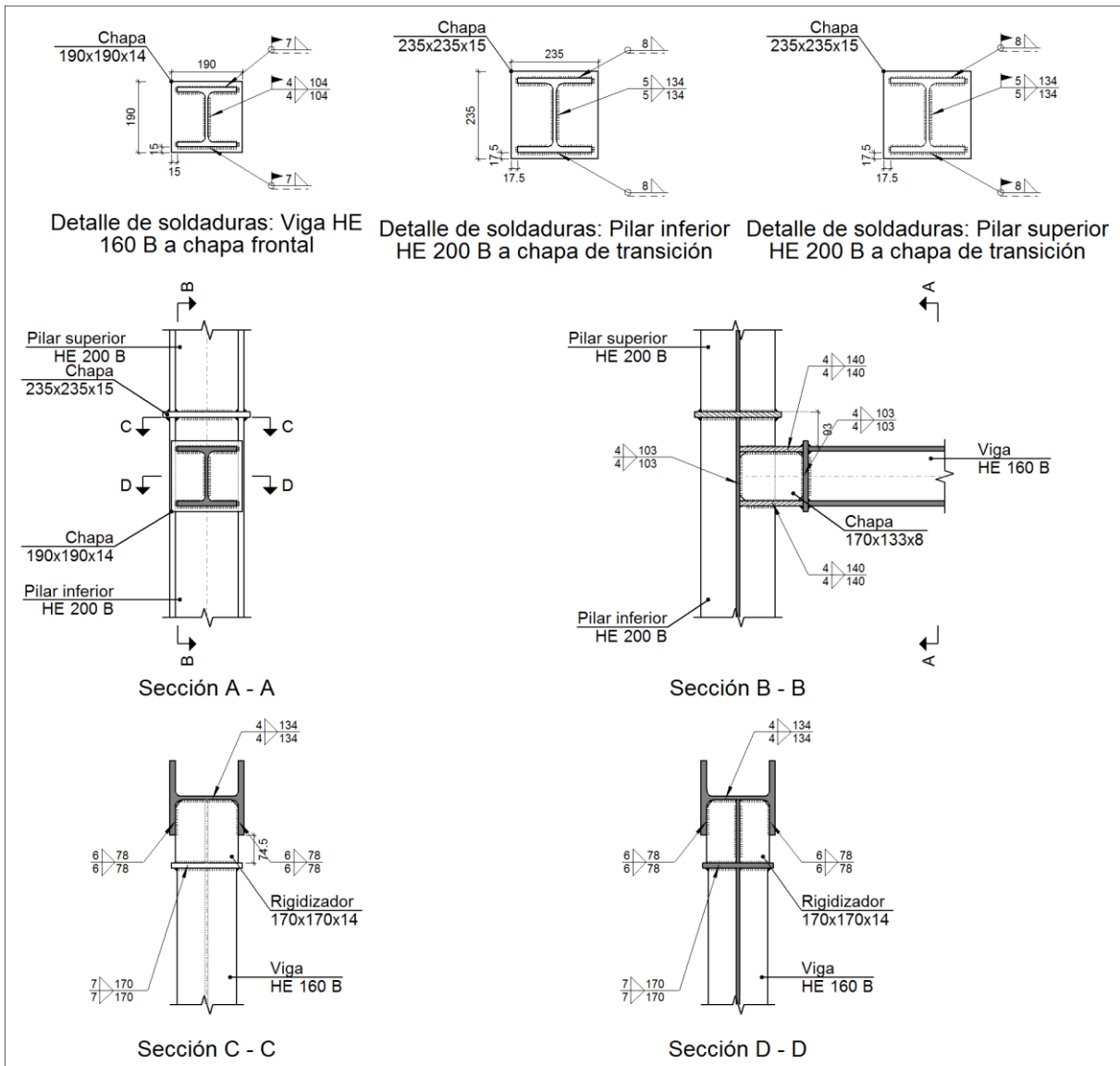
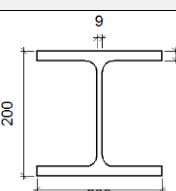


Figura 7.1.57. Modelo 3D de las uniones de tipo 3. Fuente: autor

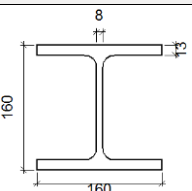
### 3.1.3.1 DETALLE DE LA UNIÓN

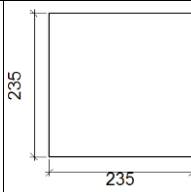
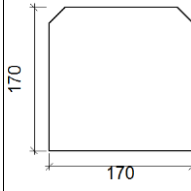
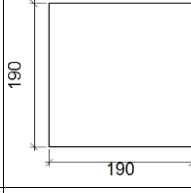
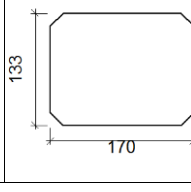


### 3.1.3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA UNIÓN

|       |             | Perfiles  |                  |                    |                      |                       |       |                             |                             |
|-------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| Pieza | Descripción | Geometría   |                  |                    |                      |                       | Acero |                             |                             |
|       |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> ) | $f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> ) |
| Pilar | HE 200 B    |  | 200              | 200                | 15                   | 9                     | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |



| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |                             |                             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría   |                  |                    |                      |                       | Acero |                             |                             |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> ) | $f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> ) |
| Viga     | HE 160 B    |  | 160              | 160                | 13                   | 8                     | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |

| Elementos complementarios               |   |            |            |              |       |                             |                             |
|---|---|------------|------------|--------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| Pieza                                   | Geometría   |            |            |              | Acero |                             |                             |
|   | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Tipo  | $f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> ) | $f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> ) |
| Chapa de transición                     |    | 235        | 235        | 15           | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Rigidizador                             |  | 170        | 170        | 14           | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Chapa de apoyo de la viga Viga HE 160 B |  | 190        | 190        | 14           | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Chapa vertical de la viga Viga HE 160 B |  | 170        | 133        | 8            | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |

### 3.1.3.3 COMPROBACIONES

#### 1) Chapa de transición

| Comprobación                   | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|--------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Interacción flexión - cortante | --       | --     | --         | 0.00       |
| Deformación admisible          | mRad     | --     | 2          | 0.00       |

## 2) Pilar superior HE 200 B

### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |            |                            |           |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|---|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                  | a (mm)                              | l (mm)                                  | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo                             | 8                                   | 200                                     | 15.0                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del alma   | En ángulo                             | 5                                   | 134                                     | 9.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo                             | 8                                   | 200                                     | 15.0                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Comprobación de resistencia  |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |   |                            |                 | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del ala superior   | 20.4                                  | 20.4                                | 1.3                                     | 40.8                       | 10.57           | 20.4                                  | 6.21       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del alma   | 6.2                                   | 6.2                                 | 2.2                                     | 13.0                       | 3.38            | 6.2                                   | 1.90       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior   | 22.5                                  | 22.5                                | 2.0                                     | 45.0                       | 11.67           | 22.5                                  | 6.84       | 410.0                      | 0.85      |

## 3) Pilar inferior HE 200 B

| Comprobaciones de resistencia  |                                |                   |        |            |            |
|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                     | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Panel                          | Esbeltez                       | --                | --     | --         | 29.19      |
|                                | Cortante                       | kN                | 9.95   | 244.96     | 4.06       |
| Rigidizador superior           | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 102.06 | 261.90     | 38.97      |
| Rigidizador inferior           | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 79.82  | 261.90     | 30.48      |
| Chapa frontal [Viga HE 160 B]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |
|                                | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2          | 0.00       |
| Chapa vertical [Viga HE 160 B] | Cortante                       | kN                | 31.74  | 169.36     | 18.74      |
| Ala                            | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup> | 59.79  | 261.90     | 22.83      |
|                                | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup> | 59.94  | 261.90     | 22.89      |

### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                            |           |        |        |        |                 |  |
|---|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.  | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior                            | En ángulo | 8      | 200    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del alma                                    | En ángulo | 5      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior                            | En ángulo | 8      | 200    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas         | En ángulo | 6      | 78     | 14.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma            | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal | En ángulo | 7      | 190    | 14.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas         | En ángulo | 6      | 78     | 14.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma            | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal | En ángulo | 7      | 190    | 14.0   | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                | En ángulo | 4      | 103    | 8.0    | 90.00           |  |

| Comprobaciones geométricas   |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |            |                            |           |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|---|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                  | a (mm)                              | l (mm)                                  | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                       |            |                            |           |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | En ángulo                             | 4                                   | 103                                     | 8.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | En ángulo                             | 4                                   | 140                                     | 8.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | En ángulo                             | 4                                   | 140                                     | 8.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Comprobación de resistencia  |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |   |                            |                 | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del ala superior   | 20.4                                  | 20.4                                | 1.3                                     | 40.8                       | 10.57           | 20.4                                  | 6.21       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del alma   | 6.2                                   | 6.2                                 | 2.2                                     | 13.0                       | 3.38            | 6.2                                   | 1.90       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior   | 22.5                                  | 22.5                                | 2.0                                     | 45.0                       | 11.67           | 22.5                                  | 6.84       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas  | 0.0                                   | 0.0                                 | 68.7                                    | 119.1                      | 30.86           | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior al alma   | 0.0                                   | 0.0                                 | 9.3                                     | 16.1                       | 4.17            | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal                                    | 16.7                                  | 16.7                                | 0.0                                     | 33.4                       | 8.67            | 16.7                                  | 5.10       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas  | 0.0                                   | 0.0                                 | 53.8                                    | 93.1                       | 24.13           | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma   | 0.0                                   | 0.0                                 | 6.6                                     | 11.4                       | 2.95            | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal                                    | 18.9                                  | 18.9                                | 0.0                                     | 37.8                       | 9.79            | 18.9                                  | 5.76       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al alma   | 0.0                                   | 0.0                                 | 27.8                                    | 48.2                       | 12.50           | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal  | 0.0                                   | 0.0                                 | 27.8                                    | 48.2                       | 12.50           | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior                                   | 0.0                                   | 0.0                                 | 28.3                                    | 49.1                       | 12.72           | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior                                   | 0.0                                   | 0.0                                 | 28.3                                    | 49.1                       | 12.72           | 0.0                                   | 0.00       | 410.0                      | 0.85      |

#### 4) Viga HE 160 B

##### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo | 7      | 160    | 13.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del alma   | En ángulo | 4      | 104    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo | 7      | 160    | 13.0   | 90.00           |  |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |           |        |        |        |                 |  |

| Comprobación de resistencia |  |  |  |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|--|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |  |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 36.5                                     | 36.5                                   | 4.6  | 73.4                          | 19.03         | 36.5                                     | 11.13         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 0.0                                      | 0.0                                    | 27.6                                       | 47.8                          | 12.38         | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 38.0                                     | 38.0                                   | 3.1  | 76.3                          | 19.76         | 38.0                                     | 11.60         | 410.0                         | 0.85      |

### 3.1.3.4 MEDICIÓN

| Soldaduras                     |                        |           |                             |                              |
|--------------------------------|------------------------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| $f_u$<br>(kp/cm <sup>2</sup> ) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 4179.4                         | En taller              | En ángulo | 4                           | 1508                         |
|                                |                        |           | 5                           | 268                          |
|                                |                        |           | 6                           | 620                          |
|                                |                        |           | 7                           | 760                          |
|                                | En el lugar de montaje | En ángulo | 4                           | 208                          |
|                                |                        |           | 5                           | 268                          |
|                                |                        |           | 7                           | 616                          |
|                                |                        |           | 8                           | 770                          |

| Chapas   |               |          |                     |              |
|----------|---------------|----------|---------------------|--------------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones<br>(mm) | Peso<br>(kg) |
| S275     | Rigidizadores | 2        | 170x170x14          | 6.35         |
|          | Chapas        | 1        | 170x133x8           | 1.42         |
|          |               | 1        | 190x190x14          | 3.97         |
|          |               | 1        | 235x235x15          | 6.50         |
|          | Total         |          |                     |              |

### 3.1.4 UNIONES TIPO 4

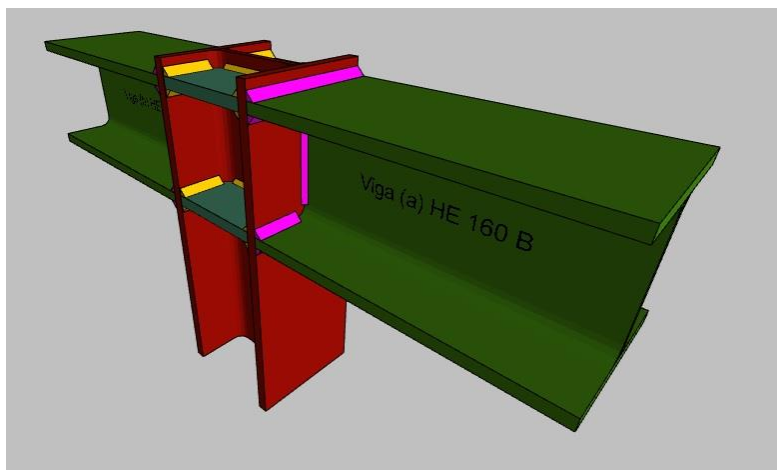
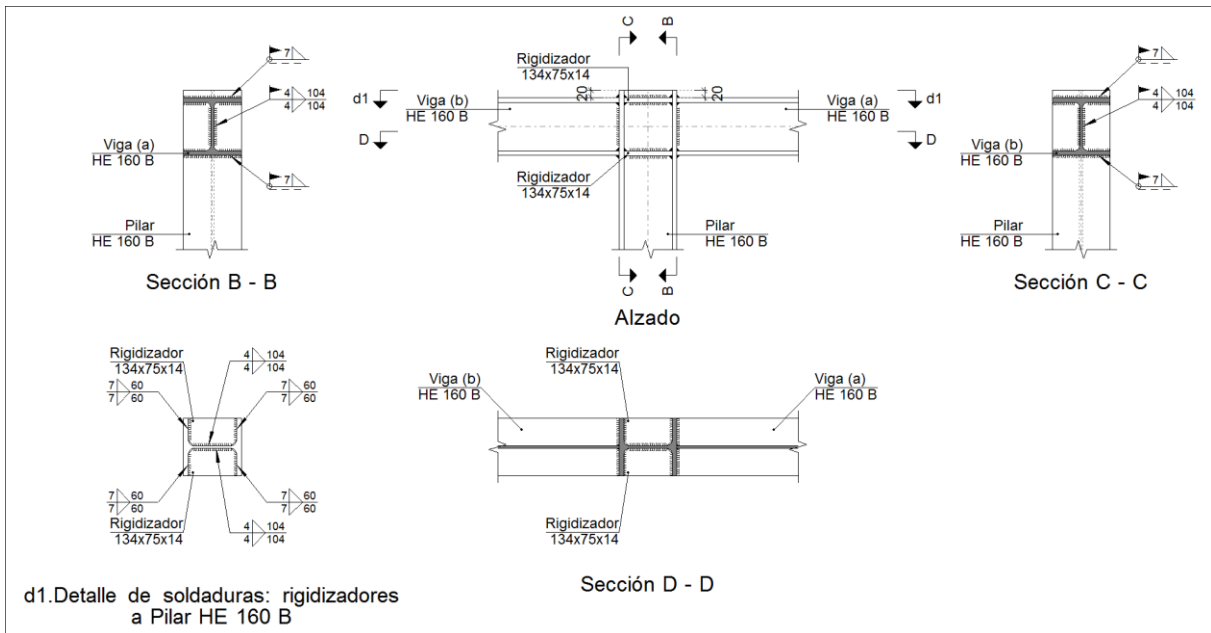
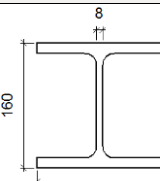
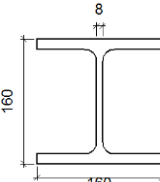


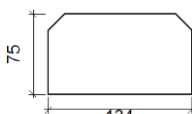
Figura 7.1.58. Modelo 3D de las uniones de tipo 4. Fuente: autor

### 3.1.4.1 DETALLE DE LA UNIÓN



### 3.1.4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA UNIÓN

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |                             |                             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |                             |                             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> ) | $f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> ) |
| Pilar    | HE 160 B    |  | 160              | 160                | 13                   | 8                     | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Viga     | HE 160 B    |  | 160              | 160                | 13                   | 8                     | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |

| Elementos complementarios |   |            |            |              |       |                             |                             |
|---------------------------|---|------------|------------|--------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| Pieza                     | Esquema   | Geometría  |            |              | Acero |                             |                             |
|                           |   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Tipo  | $f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> ) | $f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> ) |
| Rigidizador               |  | 134        | 75         | 14           | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |

### 3.1.4.3 COMPROBACIONES

#### 1) Pilar HE 160 B

| Comprobaciones de resistencia |                      |                   |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Panel                         | Esbeltez             | --                | --     | --         | 25.89      |
|                               | Cortante             | kN                | 67.55  | 174.19     | 38.78      |
| Rigidizador superior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 65.33  | 261.90     | 24.94      |
| Rigidizador inferior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 49.63  | 261.90     | 18.95      |
| Rigidizador superior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 44.57  | 261.90     | 17.02      |
| Rigidizador inferior          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 45.88  | 261.90     | 17.52      |
| Ala                           | Desgarro             | N/mm <sup>2</sup> | 33.30  | 261.90     | 12.71      |
|                               | Cortante             | N/mm <sup>2</sup> | 35.73  | 261.90     | 13.64      |

#### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                    |           |        |        |        |                 |  |
|---|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.  | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | En ángulo | 7      | 60     | 13.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | En ángulo | 4      | 104    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | En ángulo | 7      | 60     | 13.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma    | En ángulo | 4      | 104    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | En ángulo | 7      | 60     | 13.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | En ángulo | 4      | 104    | 8.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | En ángulo | 7      | 60     | 13.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma    | En ángulo | 4      | 104    | 8.0    | 90.00           |  |

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

| Comprobación de resistencia                   |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.  | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | 43.5                                | 43.5                                | 12.8                                 | 89.7                       | 23.24      | 43.5                                | 13.25      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | 0.0                                 | 0.0                                 | 34.5                                 | 59.8                       | 15.50      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | 34.2                                | 34.2                                | 6.5                                  | 69.3                       | 17.95      | 34.2                                | 10.42      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma    | 0.0                                 | 0.0                                 | 46.4                                 | 80.3                       | 20.81      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | 31.5                                | 31.5                                | 0.0                                  | 63.0                       | 16.33      | 31.5                                | 9.61       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | 0.0                                 | 0.0                                 | 33.2                                 | 57.6                       | 14.92      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | 25.1                                | 25.1                                | 0.0                                  | 50.2                       | 13.00      | 25.1                                | 7.65       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma    | 0.0                                 | 0.0                                 | 46.4                                 | 80.3                       | 20.81      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

## 2) Viga (a) HE 160 B

### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                  | a (mm)                              | l (mm)                           | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo                             | 7                                   | 160                              | 13.0                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del alma   | En ángulo                             | 4                                   | 104                              | 8.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo                             | 7                                   | 160                              | 13.0                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Comprobación de resistencia  |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |                                  |                            |                 | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del ala superior   | 52.8                                  | 52.8                                | 4.1                              | 105.8                      | 27.43           | 52.8                                  | 16.09      | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del alma   | 24.8                                  | 24.8                                | 3.6                              | 50.1                       | 12.97           | 24.8                                  | 7.57       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior   | 41.9                                  | 41.9                                | 3.4                              | 84.0                       | 21.77           | 41.9                                  | 12.77      | 410.0                      | 0.85      |

## 3) Viga (b) HE 160 B

### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                  | a (mm)                              | l (mm)                           | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del ala superior   | En ángulo                             | 7                                   | 160                              | 13.0                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del alma   | En ángulo                             | 4                                   | 104                              | 8.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del ala inferior   | En ángulo                             | 7                                   | 160                              | 13.0                       | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Comprobación de resistencia  |                                       |                                     |                                  |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |                                  |                            |                 | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del ala superior   | 47.9                                  | 47.9                                | 3.8                              | 96.1                       | 24.89           | 47.9                                  | 14.61      | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del alma   | 17.3                                  | 17.3                                | 24.8                             | 55.2                       | 14.31           | 25.2                                  | 7.70       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior   | 40.3                                  | 40.3                                | 3.1                              | 80.8                       | 20.94           | 40.3                                  | 12.29      | 410.0                      | 0.85      |

### 3.1.4.4 MEDICIÓN

| Soldaduras                  |                        |           |                          |                           |
|-----------------------------|------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> ) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 4179.4                      | En taller              | En ángulo | 4                        | 832                       |
|                             |                        |           | 7                        | 960                       |
|                             | En el lugar de montaje | En ángulo | 4                        | 416                       |
|                             |                        |           | 7                        | 1128                      |

| Chapas   |               |          |                  |           |
|----------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275     | Rigidizadores | 4        | 134x75x14        | 4.42      |
|          | Total         |          |                  | 4.42      |

### 3.1.5 UNIONES TIPO 5

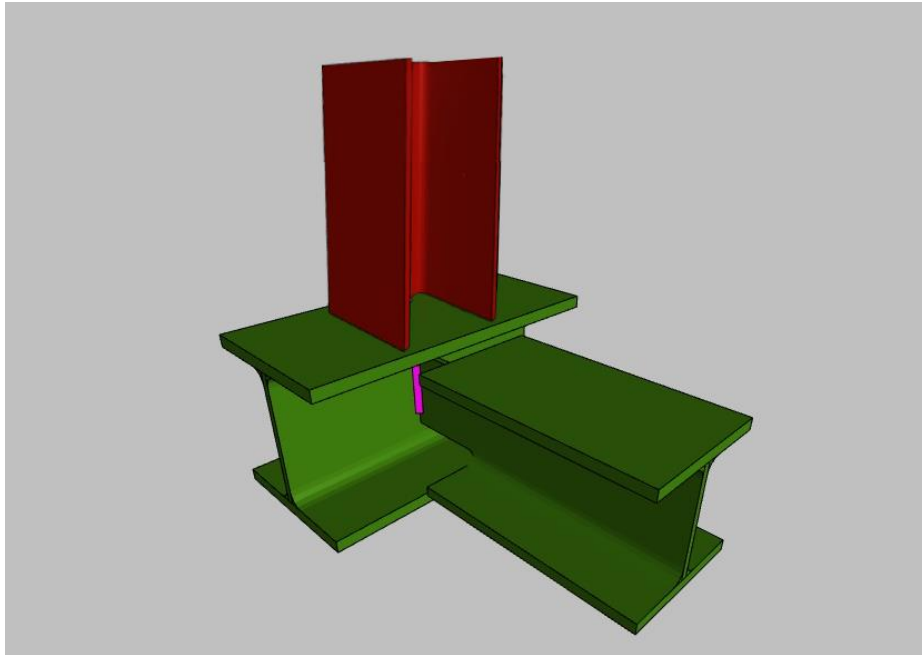
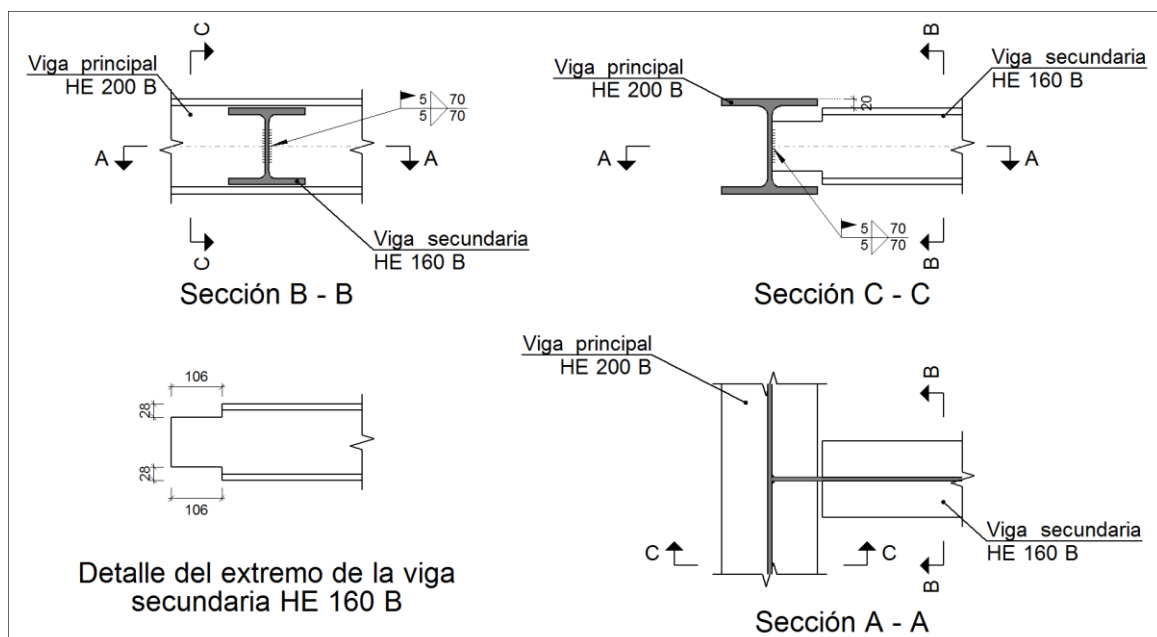


Figura 7.1.59. Modelo 3D de las uniones de tipo 5. Fuente: autor

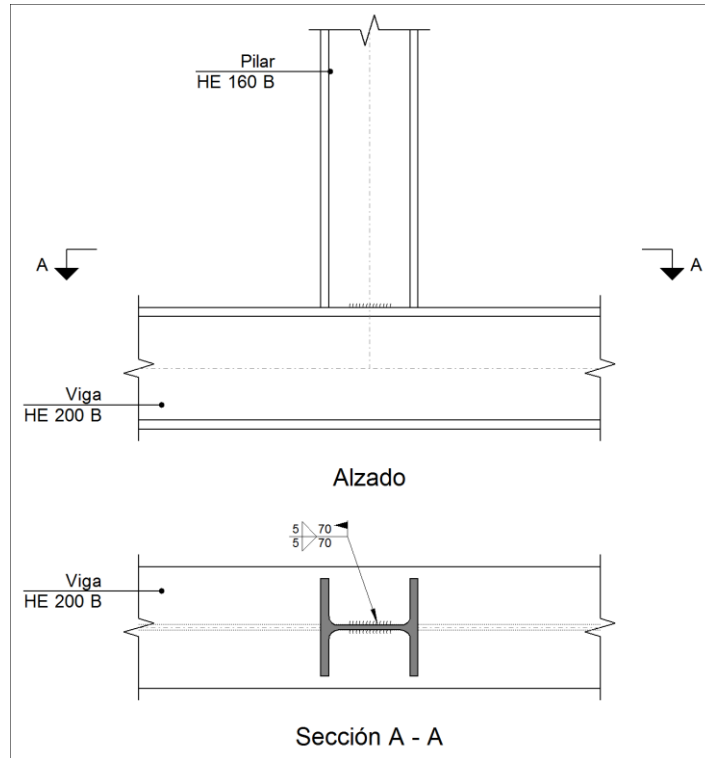
#### 3.1.5.1 DETALLE DE LA UNIÓN

##### UNIÓN ENTRE LA VIGA PRINCIPAL HEB 200 Y LA VIGA SECUNDARIA HEB 160

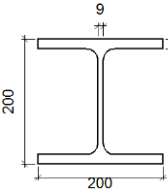
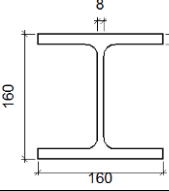




**UNIÓN ENTRE LA VIGA PRINCIPAL HEB 200 Y EL MONTANTE HEB 160**



**3.1.5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA UNIÓN**

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |                             |                             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| Pieza    | Descripción | Geometría   |                  |                    |                      |                       | Acero |                             |                             |
|          |             | Esquema   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> ) | $f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> ) |
| Viga     | HE 200 B    |  | 200              | 200                | 15                   | 9                     | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Pilar    | HE 160 B    |  | 160              | 160                | 13                   | 8                     | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |

### 3.1.5.3 COMPROBACIONES

#### 1) Viga principal

| Comprobaciones de resistencia |                                  |          |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación                     | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Alma                          | Punzonamiento                    | kN       | 0.37   | 107.51     | 0.34       |
|                               | Flexión por fuerza perpendicular | kN       | 0.37   | 131.01     | 0.28       |

#### 2) Viga secundaria HE 160 B

| Comprobaciones de resistencia |                      |                   |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Alma                          | Pandeo local         | N/mm <sup>2</sup> | 50.05  | 132.88     | 37.66      |
|                               | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 20.20  | 261.90     | 7.71       |

#### 3) Pilar HE 160 B

| Comprobaciones de resistencia |                      |                   |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Alma                          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 2.13   | 261.90     | 0.81       |

#### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del alma   | En ángulo                           | 5                                   | 70                                   | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del alma   | 1.1                                 | 1.1                                 | 0.4                                  | 2.3                        | 0.60            | 1.1                                 | 0.34       | 410.0                               | 0.85           |

#### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | l (mm)                               | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                     |            |                                     |                |
| Soldadura del alma   | En ángulo                           | 5                                   | 70                                   | 8.0                        | 90.00           |                                     |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |                 |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |                 | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del alma   | 0.0                                 | 0.0                                 | 9.3                                  | 16.2                       | 4.19            | 0.4                                 | 0.11       | 410.0                               | 0.85           |

### 3.1.5.4 MEDICIÓN

| Soldaduras                     |                        |           |                             |                              |
|--------------------------------|------------------------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| $f_u$<br>(kp/cm <sup>2</sup> ) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 4179.4                         | En el lugar de montaje | En ángulo | 5                           | 140                          |

### 3.1.6 UNIONES TIPO 6

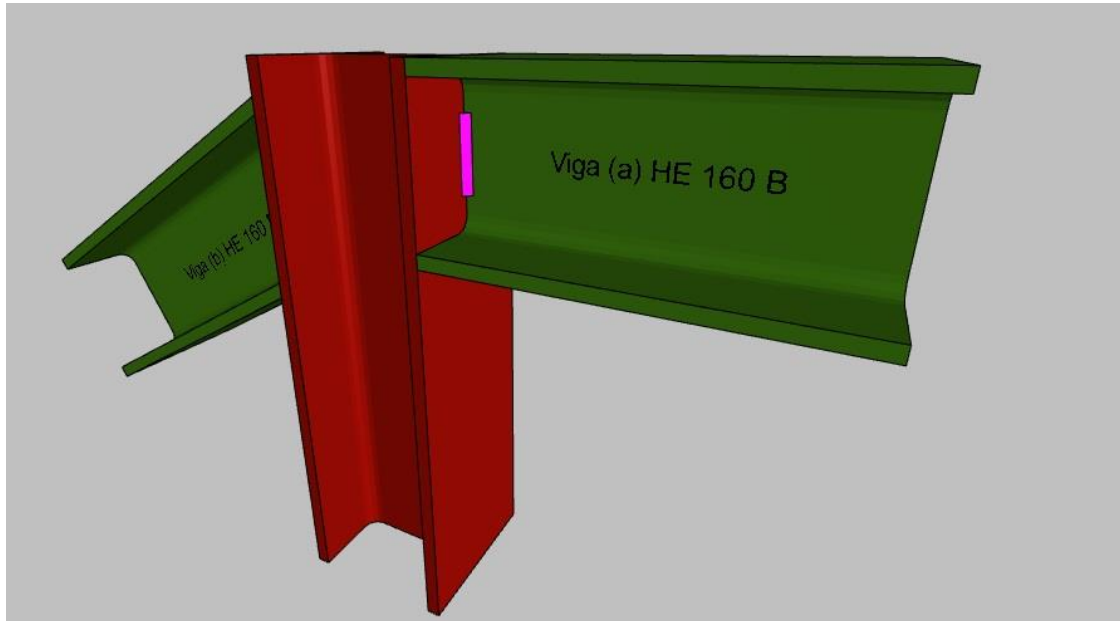
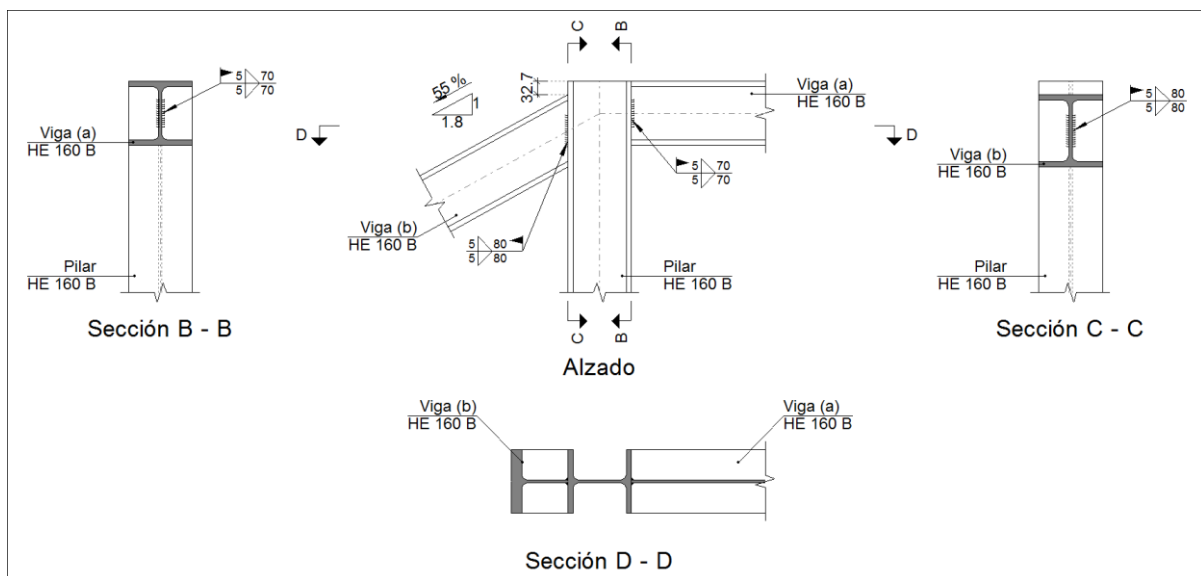
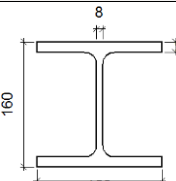
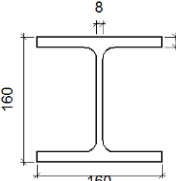


Figura 7.1.60. Modelo 3D de las uniones de tipo 6. Fuente: autor

#### 3.1.6.1 DETALLE DE LA UNIÓN



### 3.1.6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA UNIÓN

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |                             |                             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |                             |                             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> ) | $f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> ) |
| Pilar    | HE 160 B    |  | 160              | 160                | 13                   | 8                     | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Viga     | HE 160 B    |  | 160              | 160                | 13                   | 8                     | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |

### 3.1.6.3 COMPROBACIONES

#### 1) Viga (a) HE 160 B

| Comprobaciones de resistencia |                      |                   |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Alma                          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 169.75 | 261.90     | 64.81      |

#### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 5      | 70     | 8.0    | 90.00           |  |

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |                                       |                                     |                                  |                            |            |                                       |            |                            |           |
|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                  |                                     |                                  |                            |            | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del alma          | 95.8                                  | 95.8                                | 4.9                              | 191.9                      | 49.72      | 95.8                                  | 29.22      | 410.0                      | 0.85      |

#### 2) Viga (b) HE 160 B

| Comprobaciones de resistencia |                      |                   |        |            |            |
|-------------------------------|----------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Alma                          | Tensión de Von Mises | N/mm <sup>2</sup> | 144.29 | 261.90     | 55.09      |

## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |            |                            |           |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|---|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                  | a (mm)                              | l (mm)                                  | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                       |            |                            |           |
| Soldadura del alma   | En ángulo                             | 5                                   | 80                                      | 8.0                        | 90.00           |                                       |            |                            |           |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Comprobación de resistencia  |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |            |                            |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |   |                            |                 | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del alma   | 59.7                                  | 59.7                                | 45.4                                    | 143.0                      | 37.06           | 59.7                                  | 18.20      | 410.0                      | 0.85      |

### 3.1.6.4 MEDICIÓN

| Soldaduras                  |                        |           |                          |                           |
|-----------------------------|------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| $f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> ) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 4179.4                      | En el lugar de montaje | En ángulo | 5                        | 300                       |

### 3.1.7 UNIONES TIPO 7

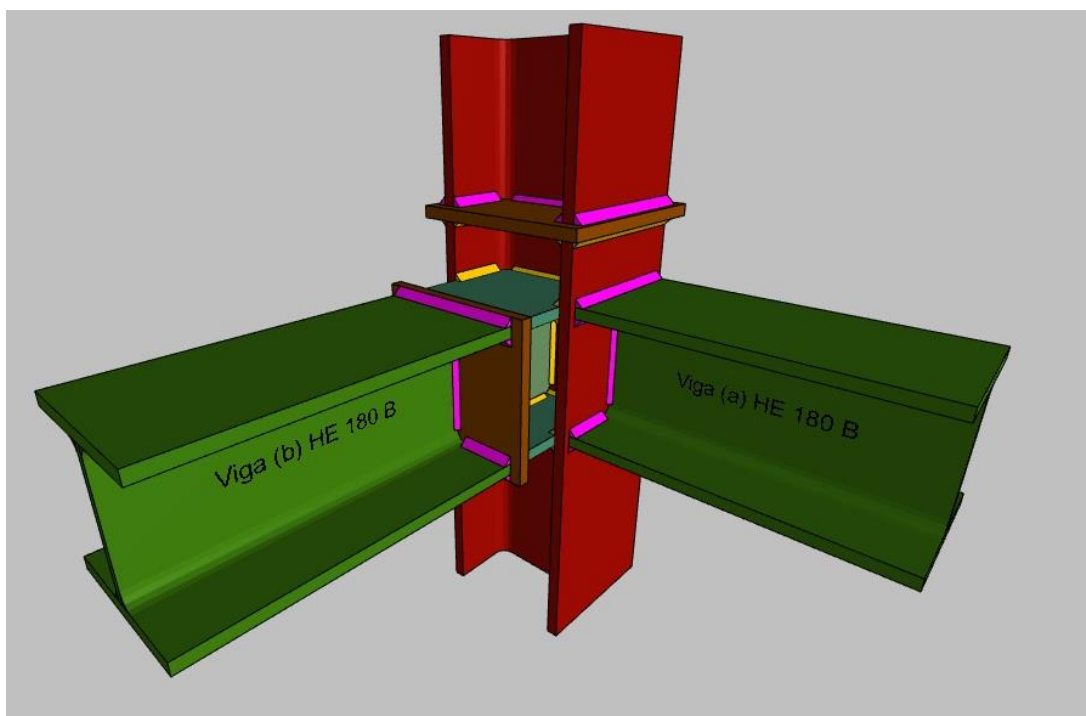
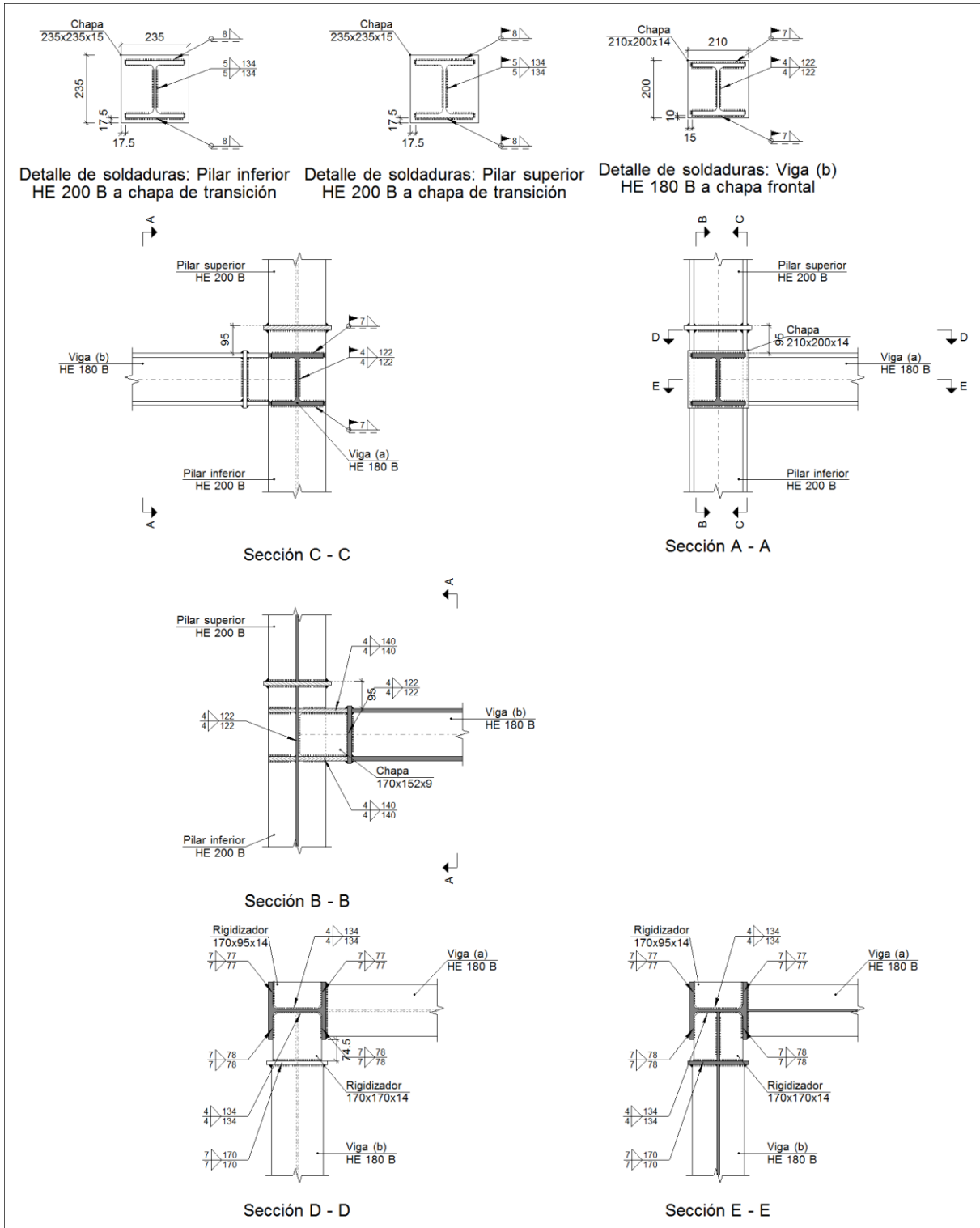
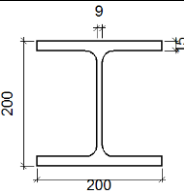
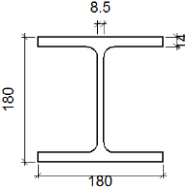


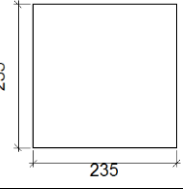
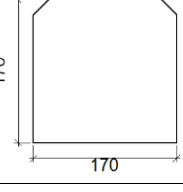
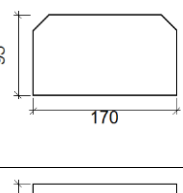
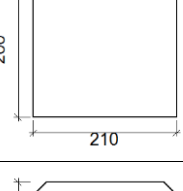
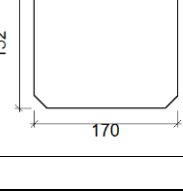
Figura 7.1.61. Modelo 3D de las uniones de tipo 7. Fuente: autor

### 3.1.7.1 DETALLE DE LA UNIÓN



### 3.1.7.2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA UNIÓN

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |                             |                             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |                             |                             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> ) | $f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> ) |
| Pilar    | HE 200 B    |  | 200              | 200                | 15                   | 9                     | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Viga     | HE 180 B    |  | 180              | 180                | 14                   | 8.5                   | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |

| Elementos complementarios                   |   |            |            |              |       |                             |                             |
|---|---|------------|------------|--------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| Pieza                                       | Geometría   |            |            |              | Acero |                             |                             |
|   | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Tipo  | $f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> ) | $f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> ) |
| Chapa de transición                         |  | 235        | 235        | 15           | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Rigidizador                                 |  | 170        | 170        | 14           | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Rigidizador                                 |  | 170        | 95         | 14           | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Chapa de apoyo de la viga Viga (b) HE 180 B |  | 210        | 200        | 14           | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Chapa vertical de la viga Viga (b) HE 180 B |  | 170        | 152        | 9            | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |

### 3.1.7.3 COMPROBACIONES

#### 1) Chapa de transición

| Comprobación                   | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|--------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Interacción flexión - cortante | --       | --     | --         | 0.00       |
| Deformación admisible          | mRad     | --     | 2          | 0.00       |

#### 2) Pilar superior HE 200 B

##### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |        |        |        |                 |  |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 8      | 200    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 5      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 8      | 200    | 15.0   | 90.00           |  |

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |                                       |                                     |   |                            |            |                                       |            |                            |           |
|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|----------------------------|------------|---------------------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                  |                                     |   |                            |            | Tensión normal                        |            | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                            |           |
| Soldadura del ala superior  | 19.3                                  | 19.3                                | 0.4                                     | 38.6                       | 10.00      | 19.3                                  | 5.88       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 12.1                                  | 12.1                                | 21.8                                    | 44.9                       | 11.64      | 13.0                                  | 3.97       | 410.0                      | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 17.0                                  | 17.0                                | 0.0                                     | 34.1                       | 8.83       | 17.0                                  | 5.19       | 410.0                      | 0.85      |

#### 3) Pilar inferior HE 200 B

| Comprobaciones de resistencia      |                                |                   |        |            |            |
|------------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|
| Componente                         | Comprobación                   | Unidades          | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
| Panel                              | Esbeltéz                       | --                | --     | --         | 29.19      |
|                                    | Cortante                       | kN                | 116.43 | 244.96     | 47.53      |
| Rigidizador superior               | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 45.25  | 261.90     | 17.28      |
| Rigidizador inferior               | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 51.05  | 261.90     | 19.49      |
| Rigidizador superior               | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 45.40  | 261.90     | 17.33      |
| Rigidizador inferior               | Tensión de Von Mises           | N/mm <sup>2</sup> | 45.47  | 261.90     | 17.36      |
| Chapa frontal [Viga (b) HE 180 B]  | Interacción flexión - cortante | --                | --     | --         | 0.00       |
|                                    | Deformación admisible          | mRad              | --     | 2          | 0.00       |
| Chapa vertical [Viga (b) HE 180 B] | Cortante                       | kN                | 11.08  | 190.53     | 5.81       |
| Ala                                | Desgarro                       | N/mm <sup>2</sup> | 26.01  | 261.90     | 9.93       |
|                                    | Cortante                       | N/mm <sup>2</sup> | 39.64  | 261.90     | 15.14      |



## Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas                             |           |        |        |        |                 |  |
|--|-----------|--------|--------|--------|-----------------|--|
| Ref.   | Tipo      | a (mm) | l (mm) | t (mm) | Ángulo (grados) |  |
| Soldadura del ala superior                             | En ángulo | 8      | 200    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del alma                                     | En ángulo | 5      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del ala inferior                             | En ángulo | 8      | 200    | 15.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 7      | 78     | 14.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal  | En ángulo | 7      | 210    | 14.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 7      | 78     | 14.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal  | En ángulo | 7      | 210    | 14.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas          | En ángulo | 7      | 77     | 14.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas          | En ángulo | 7      | 77     | 14.0   | 90.00           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma             | En ángulo | 4      | 134    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | En ángulo | 4      | 122    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | En ángulo | 4      | 122    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | En ángulo | 4      | 140    | 9.0    | 90.00           |  |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | En ángulo | 4      | 140    | 9.0    | 90.00           |  |

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia                           |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.  | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|   | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Soldadura del ala superior                            | 19.3                                | 19.3                                | 0.4                                  | 38.6                       | 10.00      | 19.3                                | 5.88       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del alma                                    | 12.1                                | 12.1                                | 21.8                                 | 44.9                       | 11.64      | 13.0                                | 3.97       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior                            | 17.0                                | 17.0                                | 0.0                                  | 34.1                       | 8.83       | 17.0                                | 5.19       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas         | 31.5                                | 31.5                                | 4.5                                  | 63.5                       | 16.46      | 31.5                                | 9.61       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma            | 0.0                                 | 0.0                                 | 44.3                                 | 76.8                       | 19.89      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal | 6.3                                 | 6.3                                 | 0.0                                  | 12.6                       | 3.26       | 6.3                                 | 1.92       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas         | 34.2                                | 34.2                                | 9.5                                  | 70.3                       | 18.22      | 34.2                                | 10.42      | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma            | 0.0                                 | 0.0                                 | 49.1                                 | 85.1                       | 22.04      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal | 6.1                                 | 6.1                                 | 0.0                                  | 12.1                       | 3.14       | 6.1                                 | 1.85       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas         | 32.1                                | 32.1                                | 0.1                                  | 64.2                       | 16.64      | 32.1                                | 9.79       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador superior al alma            | 0.0                                 | 0.0                                 | 45.7                                 | 79.1                       | 20.50      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas         | 32.2                                | 32.2                                | 0.1                                  | 64.3                       | 16.67      | 32.2                                | 9.80       | 410.0                               | 0.85           |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma            | 0.0                                 | 0.0                                 | 45.7                                 | 79.2                       | 20.53      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

| Comprobación de resistencia                            |  |  |                                     |                               |               |  |               |                               |           |
|--|--|--|-------------------------------------|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.   | Tensión de Von Mises                     |  |                                     |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura de la chapa vertical al alma                 | 0.0                                      | 0.0                                    | 9.4                                 | 16.2                          | 4.21          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal      | 0.0                                      | 0.0                                    | 9.4                                 | 16.2                          | 4.21          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior | 0.0                                      | 0.0                                    | 9.9                                 | 17.1                          | 4.44          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior | 0.0                                      | 0.0                                    | 9.9                                 | 17.1                          | 4.44          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |

#### 4) Viga (a) HE 180 B

##### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 7         | 180       | 14.0      | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4         | 122       | 8.5       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 7         | 180       | 14.0      | 90.00              |  |

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |  |  |                                     |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|-------------------------------------|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |                                     |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 40.6                                     | 40.6                                   | 0.2                                 | 81.3                          | 21.07         | 40.7                                     | 12.39         | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 23.4                                     | 23.4                                   | 29.9                                | 69.8                          | 18.08         | 26.9                                     | 8.20          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 42.7                                     | 42.7                                   | 0.1                                 | 85.3                          | 22.11         | 42.7                                     | 13.00         | 410.0                         | 0.85      |

#### 5) Viga (b) HE 180 B

##### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas |           |           |           |           |                    |  |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|--|
| Ref.                       | Tipo      | a<br>(mm) | l<br>(mm) | t<br>(mm) | Ángulo<br>(grados) |  |
| Soldadura del ala superior | En ángulo | 7         | 180       | 14.0      | 90.00              |  |
| Soldadura del alma         | En ángulo | 4         | 122       | 8.5       | 90.00              |  |
| Soldadura del ala inferior | En ángulo | 7         | 180       | 14.0      | 90.00              |  |

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

| Comprobación de resistencia |  |  |                                     |                               |               |  |               |                               |           |
|-----------------------------|--|--|-------------------------------------|-------------------------------|---------------|--|---------------|-------------------------------|-----------|
| Ref.                        | Tensión de Von Mises                     |  |                                     |                               |               | Tensión normal                           |               | $f_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|                             | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{  }$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Valor<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) | $\sigma_{\perp}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov.<br>(%) |                               |           |
| Soldadura del ala superior  | 9.1                                      | 9.1                                    | 0.4                                 | 18.1                          | 4.70          | 9.1                                      | 2.76          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del alma          | 0.0                                      | 0.0                                    | 9.4                                 | 16.2                          | 4.21          | 0.0                                      | 0.00          | 410.0                         | 0.85      |
| Soldadura del ala inferior  | 9.2                                      | 9.2                                    | 0.4                                 | 18.5                          | 4.79          | 9.2                                      | 2.82          | 410.0                         | 0.85      |

### 3.1.7.4 MEDICIÓN

| Soldaduras                     |                        |           |                             |                              |
|--------------------------------|------------------------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| $f_u$<br>(kp/cm <sup>2</sup> ) | Ejecución              | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 4179.4                         | En taller              | En ángulo | 4                           | 2120                         |
|                                |                        |           | 5                           | 268                          |
|                                |                        |           | 7                           | 2076                         |
|                                |                        |           | 8                           | 770                          |
|                                | En el lugar de montaje | En ángulo | 4                           | 488                          |
|                                |                        |           | 5                           | 268                          |
|                                |                        |           | 7                           | 1398                         |
|                                |                        |           | 8                           | 770                          |

| Chapas   |               |          |                     |              |       |
|----------|---------------|----------|---------------------|--------------|-------|
| Material | Tipo          | Cantidad | Dimensiones<br>(mm) | Peso<br>(kg) |       |
| S275     | Rigidizadores | 2        | 170x170x14          | 6.35         |       |
|          |               | 2        | 170x95x14           | 3.55         |       |
|          | Chapas        | 1        | 170x152x9           | 1.83         |       |
|          |               | 1        | 210x200x14          | 4.62         |       |
|          |               | 1        | 235x235x15          | 6.50         |       |
|          | Total         |          |                     |              | 22.85 |

### 3.1.8 UNIONES TIPO 8

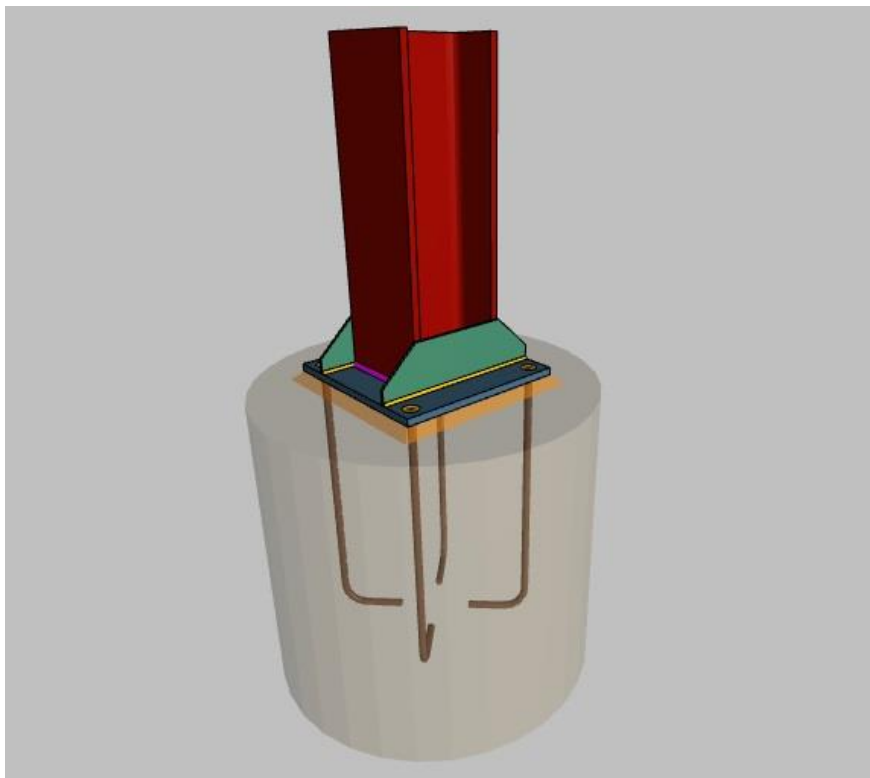
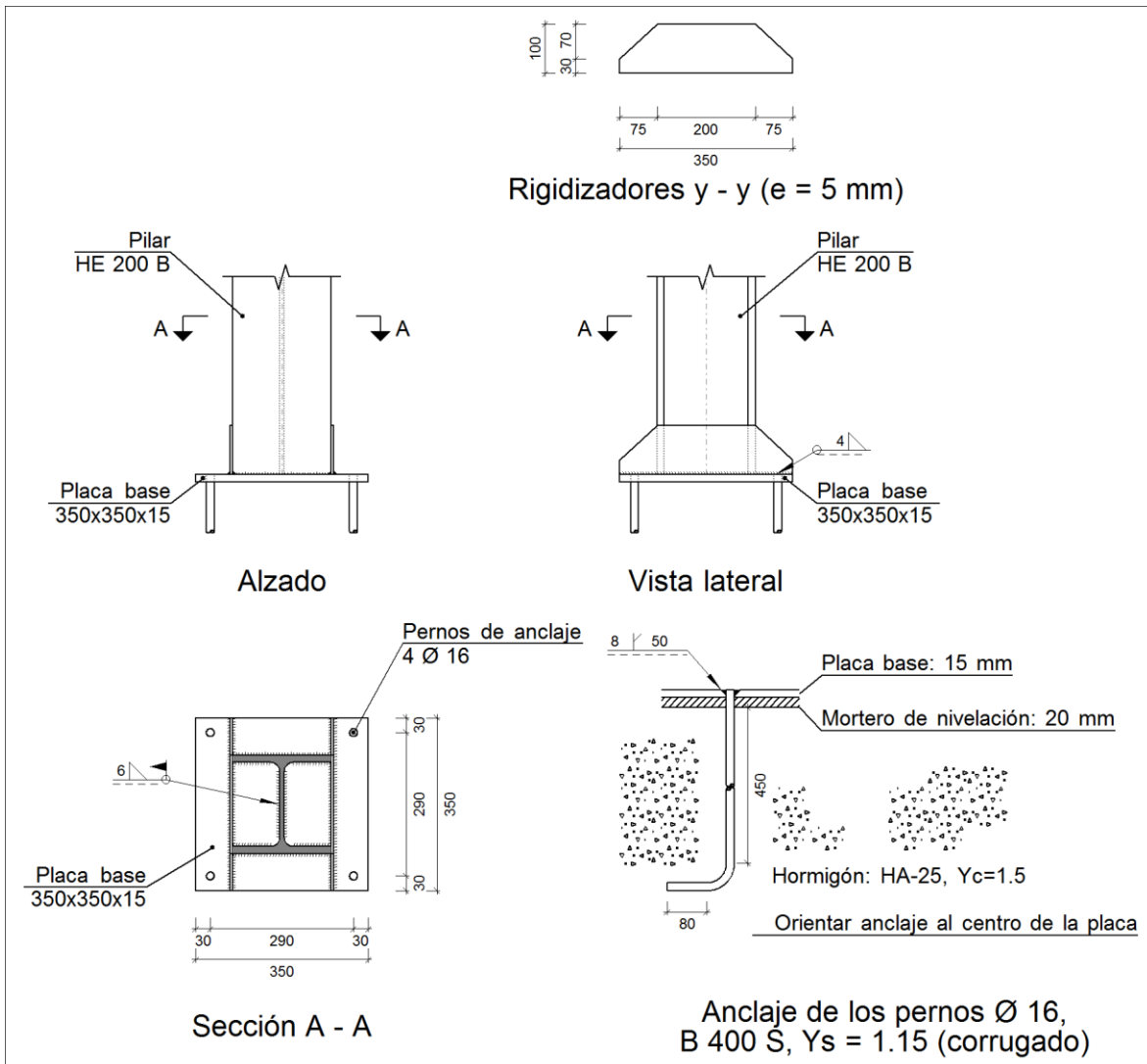
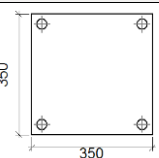
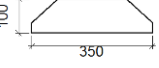


Figura 7.1.62. Modelo 3D de las uniones de tipo 8. Fuente: autor

### 3.1.8.1 DETALLE DE LA UNIÓN



### 3.1.8.2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA UNIÓN

| Elementos complementarios |   |            |            |              |          |                        |                        |            |       |                             |                             |
|---------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|------------------------|------------------------|------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| Pieza                     | Geometría   |            |            |              | Taladros |                        |                        |            | Acero |                             |                             |
|                           | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Bisel (mm) | Tipo  | $f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> ) | $f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> ) |
| Placa base                |  | 350        | 350        | 15           | 4        | 32                     | 18                     | 8          | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |
| Rigidizador               |  | 350        | 100        | 5            | -        | -                      | -                      | -          | S275  | 2803.3                      | 4179.4                      |

### 3.1.8.3 COMPROBACIONES

#### 1) Pilar HE 200 B

##### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |                            |           |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|---|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------|
| Ref.   | Tipo                                  | a (mm)                              | l (mm)                                  | t (mm)                     | Ángulo (grados) |                                       |                            |           |
| Soldadura perimetral a la placa  | En ángulo                             | 6                                   | 978                                     | 9.0                        | 90.00           |                                       |                            |           |
| <i>a: Espesor garganta</i><br><i>l: Longitud efectiva</i><br><i>t: Espesor de piezas</i> |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |                            |           |
| Comprobación de resistencia  |                                       |                                     |   |                            |                 |                                       |                            |           |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                  |                                     |   |                            | Tensión normal  |                                       | $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\beta_w$ |
|  | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%)      | $\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |                            |           |
| Soldadura perimetral a la placa  | La comprobación no procede.           |                                     |   |                            |                 |                                       | 410.0                      | 0.85      |

#### 2) Placa de anclaje

| Referencia:  |   |                            |
|--|---|----------------------------|
| Comprobación   | Valores   | Estado                     |
| Separación mínima entre pernos:<br><i>3 diámetros</i>  | Mínimo: 48 mm<br>Calculado: 291 mm  | Cumple                     |
| Separación mínima pernos-borde:<br><i>1.5 diámetros</i>  | Mínimo: 24 mm<br>Calculado: 30 mm   | Cumple                     |
| Esbeltez de rigidizadores:<br>- Paralelos a Y:   | Máximo: 50<br>Calculado: 43.3   | Cumple                     |
| Longitud mínima del perno:<br><i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i> | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 45 cm   | Cumple                     |
| Anclaje perno en hormigón:<br>- Tracción:<br>- Cortante:<br>- Tracción + Cortante:               | Máximo: 8.156 t<br>Calculado: 6.598 t<br>Máximo: 5.709 t<br>Calculado: 0.889 t<br>Máximo: 8.156 t<br>Calculado: 7.868 t                                       | Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Tracción en vástago de pernos:   | Máximo: 6.557 t<br>Calculado: 6.265 t   | Cumple                     |
| Tensión de Von Mises en vástago de pernos:   | Máximo: 3883.31 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 3147.63 kp/cm <sup>2</sup>   | Cumple                     |
| Aplastamiento perno en placa:<br><i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i> | Máximo: 12.815 t<br>Calculado: 0.834 t  | Cumple                     |
| Tensión de Von Mises en secciones globales:<br>- Derecha:<br>- Izquierda:<br>- Arriba:           | Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 1853.84 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 1910.65 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 1536.92 kp/cm <sup>2</sup> | Cumple<br>Cumple<br>Cumple |

| Referencia:   |   |        |
|---|---|--------|
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| - Abajo:  | Calculado: 1472.41 kp/cm <sup>2</sup>                                 | Cumple |
| Flecha global equivalente:<br><i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>            | Mínimo: 250   |        |
| - Derecha:  | Calculado: 1376.84  | Cumple |
| - Izquierda:  | Calculado: 1304.26  | Cumple |
| - Arriba:   | Calculado: 7688.87  | Cumple |
| - Abajo:  | Calculado: 8363.7   | Cumple |
| Tensión de Von Mises local:<br><i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i> | Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 0 kp/cm <sup>2</sup> | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |   |        |

### Cordones de soldadura

| Comprobaciones geométricas   |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|----------------|
| Ref.   | Tipo                                | a (mm)                              | Preparación de bordes (mm)           | l (mm)                     | t (mm)     | Ángulo (grados)                     |            |                                     |                |
| Rigidizador y-y (x = -103): Soldadura a la placa base                        | En ángulo                           | 4                                   | --                                   | 350                        | 5.0        | 90.00                               |            |                                     |                |
| Rigidizador y-y (x = 103): Soldadura a la placa base                         | En ángulo                           | 4                                   | --                                   | 350                        | 5.0        | 90.00                               |            |                                     |                |
| Soldadura de los pernos a la placa base                                      | De penetración parcial              | --                                  | 8                                    | 50                         | 15.0       | 90.00                               |            |                                     |                |
| <i>a: Espesor garganta<br/>l: Longitud efectiva<br/>t: Espesor de piezas</i> |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
| Comprobación de resistencia  |                                     |                                     |                                      |                            |            |                                     |            |                                     |                |
| Ref.   | Tensión de Von Mises                |                                     |                                      |                            |            | Tensión normal                      |            | f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | β <sub>w</sub> |
|  | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Valor (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Aprov. (%) |                                     |                |
| Rigidizador y-y (x = -103): Soldadura a la placa base                        | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |            |                                     | 410.0      | 0.85                                |                |
| Rigidizador y-y (x = 103): Soldadura a la placa base                         | La comprobación no procede.         |                                     |                                      |                            |            |                                     | 410.0      | 0.85                                |                |
| Soldadura de los pernos a la placa base                                      | 0.0                                 | 0.0                                 | 203.8                                | 353.0                      | 91.47      | 0.0                                 | 0.00       | 410.0                               | 0.85           |

### 3.1.8.4 MEDICIÓN

| Soldaduras                           |                        |   |                          |                           |
|--------------------------------------|------------------------|---|--------------------------|---------------------------|
| f <sub>u</sub> (kp/cm <sup>2</sup> ) | Ejecución              | Tipo  | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 4179.4                               | En taller              | En ángulo                                       | 4                        | 1340                      |
|                                      |                        | A tope en bisel simple con talón de raíz amplio | 8                        | 201                       |
|                                      | En el lugar de montaje | En ángulo                                       | 6                        | 978                       |

| Placas de anclaje              |                        |          |                      |           |
|--------------------------------|------------------------|----------|----------------------|-----------|
| Material                       | Elementos              | Cantidad | Dimensiones (mm)     | Peso (kg) |
| S275                           | Placa base             | 1        | 350x350x15           | 14.42     |
|                                | Rigidizadores pasantes | 2        | 350/200x100/30x5     | 2.34      |
|                                | Total                  |          |                      | 16.76     |
| B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado) | Pernos de anclaje      | 4        | Ø 16 - L = 501 + 155 | 4.14      |
|                                | Total                  |          |                      | 4.14      |

### 3.1.9 UNIONES TIPO 9

En la unión de tipo 7, la viga horizontal y la diagonal se encuentran en un ángulo para el que el software Cype no tiene una solución preestablecida. Por tanto, se tratará dicha unión como una especial y se calculará de forma manual en el siguiente capítulo.

## 3.2 UNIONES ESPECIALES

### 3.2.1 UNIONES TIPO 9

Las uniones de tipo 9 no han podido ser calculadas mediante el software Cype, ya que como se ha explicado, no posee una unión con las mismas características en su librería. Por tanto, a continuación se presenta el cálculo y comprobación manual de la misma.

#### DEFINICIONES GEOMÉTRICAS

La unión a realizar se trata de una unión entre un perfil HEB 200 y un perfil HEB 160. La soldadura debe dar lugar a una unión rígida, por lo que se soldará el perímetro completo del perfil HEB 160.

En la Figura 7.1.12 se muestran las dimensiones resultantes del perfil HEB 160 sobre la viga HEB 200, ya que al incidir de manera oblicua, se ven alteradas.

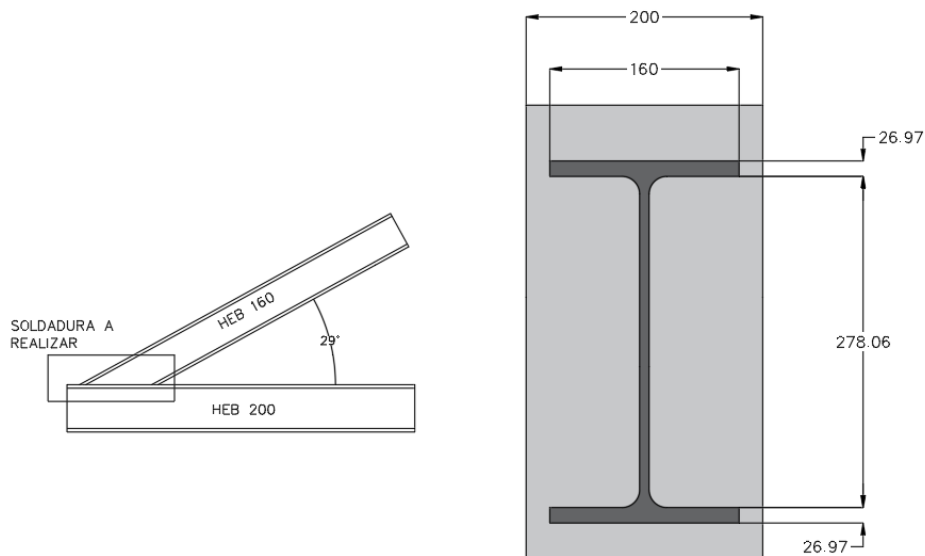


Figura 7.1.63. Dimensiones del perfil a soldar. Fuente: autor

## ESFUERZOS EN LA UNIÓN

Los esfuerzos a considerar son los siguientes:

- Esfuerzo axial —————>  $N = 0,27 \text{ kN}$
- Esfuerzo cortante —————>  $V_z = 0,13 \text{ kN}$
- Momento flector —————>  $M_y = 0,09 \text{ mKn}$

Tal y como establece el CTE, al tratarse de una unión rígida, debe ser dimensionada para resistir al menos la mitad de la resistencia de cada una de las piezas a unir.

La mitad de la resistencia última a flexión del perfil HEB 160 es:

$$\frac{M_{pl,Rdz}}{2} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_{yd}}{2} = \frac{111 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \cdot \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05}}{2} = 14,536 \cdot 10^6 \text{ mm} \cdot \text{N}$$

La mitad de la resistencia última a cortante del perfil HEB 160 es:

$$\frac{V_{pl,Rd}}{2} = \frac{A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}}{2} = \frac{769,5 \text{ mm}^2 \cdot \frac{275 \text{ N/mm}^2}{\sqrt{3} \cdot 1,05}}{2} = 58,178 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Donde:

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 5430 - 2 \cdot 160 \cdot 13 + (8,5 + 2 \cdot 15) \cdot 13 = 769,5 \text{ mm}^2$$

La mitad de la resistencia última a tracción del perfil HEB 160 es:

$$\frac{N_{pl,Rd}}{2} = \frac{A \cdot f_{yd}}{2} = \frac{5430 \text{ mm}^2 \cdot \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05}}{2} = 711,071 \cdot 10^3 \text{ N}$$

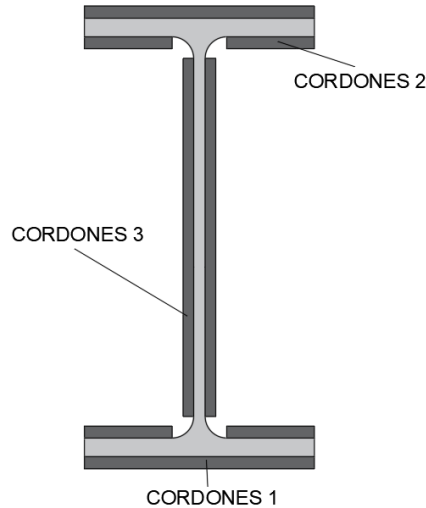
Se deberán considerar los mayores esfuerzos de los calculados, por lo que la unión se dimensionará para resistir los siguientes esfuerzos:

- Esfuerzo axial —————>  $N = 711,071 \text{ kN}$
- Esfuerzo cortante —————>  $V_z = 58,178 \text{ kN}$
- Momento flector —————>  $M_y = 14,536 \text{ mKn}$



## CORDONES DE SOLDADURA

La configuración de los cordones de soldadura será la que se muestra en la *Figura 7.1.13*.



*Figura 7.1.64. Cordones de soldadura. Fuente: autor*

Los rangos posibles para los espesores de garganta de los cordones de soldadura son:

- Cordones tipo 1 y 2:

$$\left. \begin{array}{l} e_{ALA\ HEB160} = 13\ mm \\ e_{ALA\ HEB160} = 15\ mm \end{array} \right\} \begin{array}{l} e_1 = 13\ mm \rightarrow a_{min} = 5\ mm \\ e_2 = 15\ mm \rightarrow a_{max} = 9\ mm \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} e_{ALA\ HEB160} = 13\ mm \\ e_{ALA\ HEB160} = 15\ mm \end{array}} \right\} 5\ mm \leq a_{1,2} \leq 9\ mm$$

Se tomará para los cordones 1 y 2 un espesor de garganta  $a = 7\ mm$ .

- Cordones tipo 3:

$$\left. \begin{array}{l} e_{ALMA\ HEB160} = 8\ mm \\ e_{ALA\ HEB160} = 15\ mm \end{array} \right\} \begin{array}{l} e_1 = 8\ mm \rightarrow a_{min} = 4,5\ mm \\ e_2 = 15\ mm \rightarrow a_{max} = 5,5\ mm \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} e_{ALMA\ HEB160} = 8\ mm \\ e_{ALA\ HEB160} = 15\ mm \end{array}} \right\} 4,5\ mm \leq a_3 \leq 5,5\ mm$$

Se tomará para los cordones 3 un espesor de garganta  $a = 5\ mm$ .

La longitud de los cordones quedará definida por la geometría del perfil, ocupando todo lo posible descontando los radios de acuerdo.

- Longitud cordones 1  $\longrightarrow$   $L_1 = 160\ mm$
- Longitud cordones 2  $\longrightarrow$   $L_2 = 65\ mm$
- Longitud cordones 3  $\longrightarrow$   $L_3 = 248\ mm$

Observar que las longitudes de los cordones cumplen las especificaciones del CTE, que son:

- $L \geq 40\ mm$
- $L \geq 6 \cdot a\ mm$

## COMPROBACIÓN DE LAS SOLDADURAS

En primer lugar, se calculará el momento de inercia correspondiente a los planos de abatimiento de los cordones de soldadura:

$$\begin{aligned}
 I_{sold} &= 2 \cdot \left[ \frac{1}{12} \cdot a_3 \cdot L_3^3 \right] + 4 \cdot \left[ \frac{1}{12} \cdot L_2 \cdot a_2^3 + L_2 \cdot a_2 \cdot d_2^2 \right] + 2 \cdot \left[ \frac{1}{12} \cdot L_1 \cdot a_1^3 + L_1 \cdot a_1 \cdot d_1^2 \right] = \\
 &= 2 \cdot \left[ \frac{1}{12} \cdot 5 \cdot 248^3 \right] + 4 \cdot \left[ \frac{1}{12} \cdot 65 \cdot 7^3 + 65 \cdot 7 \cdot \left( \frac{278,06 - 7}{2} \right)^2 \right] + \\
 &= 2 \cdot \left[ \frac{1}{12} \cdot 160 \cdot 7^3 + 160 \cdot 7 \cdot \left( \frac{332 + 7}{2} \right)^2 \right] = 78,331 \cdot 10^6 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

El área a soldar es la siguiente:

$$A_{sold} = 2 \cdot A_1 + 4 \cdot A_2 + 2 \cdot A_3 = 2 \cdot 160 \cdot 7 + 4 \cdot 65 \cdot 7 + 2 \cdot 5 \cdot 248 = 6540 \text{ mm}^2$$

## ESTUDIO DE LAS SOLDADURAS 1

La tensión normal máxima sobre el plano de abatimiento de estas soldaduras es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 n_{\perp \max} &= \frac{N}{A_{sold}} + \frac{M_y \cdot z}{I_{sold}} = \frac{711,071 \cdot 10^3 \text{ N}}{6540 \text{ mm}^2} + \frac{14,536 \cdot 10^6 \text{ mm} \cdot N \cdot \left( \frac{332 + 7}{2} \right)}{78,331 \cdot 10^6 \text{ mm}^4} \\
 n_{\perp \max} &= 140,18 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}
 \end{aligned}$$

Las tensiones tangenciales  $t_{\perp}$  y  $t_{//}$  serán nulas, ya que en este tipo de unión se supone que serán las soldaduras del alma las que absorban todo el esfuerzo cortante.

Por tanto, las tensiones en el plano de garganta son:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\perp} &= \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot n_{\perp} + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot t_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 140,18 = 99,123 \text{ N/mm}^2 \\
 \tau_{\perp} &= \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot t_{\perp} - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot n_{\perp} = -\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 140,18 = -99,123 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

- Primera condición de seguridad que establece el CTE para soldaduras en ángulo:

$$\begin{aligned}
 \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} &\leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \\
 \sqrt{99,123^2 + 3 \cdot (-99,123)^2} &\leq \frac{410}{0,85 \cdot 1,25} \\
 198,246 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} &< 385,88 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \rightarrow \text{CUMPLE}
 \end{aligned}$$

- Segunda condición de seguridad que establece el CTE para soldaduras en ángulo:

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$99,123 \leq \frac{410}{1,25} \rightarrow 99,123 \frac{N}{mm^2} < 328 \frac{N}{mm^2} \rightarrow CUMPLE$$

### ESTUDIO DE LAS SOLDADURAS 2

La tensión normal máxima sobre el plano de abatimiento de estas soldaduras es la siguiente:

$$n_{\perp \max} = \frac{N}{A_{sold}} + \frac{M_y \cdot z}{I_{sold}} = \frac{711,071 \cdot 10^3 N}{6540 mm^2} + \frac{14,536 \cdot 10^6 mm \cdot N \cdot \left(\frac{278,06 - 7}{2}\right)}{78,331 \cdot 10^6 mm^4}$$

$$n_{\perp \max} = 25,151 \frac{N}{mm^2}$$

Las tensiones tangenciales  $t_{\perp}$  y  $t_{//}$  serán nulas, ya que en este tipo de unión se supone que serán las soldaduras del alma las que absorban todo el esfuerzo cortante.

Por tanto, las tensiones en el plano de garganta son:

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot n_{\perp} + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot t_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 25,151 = 17,784 N/mm^2$$

$$\tau_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot t_{\perp} - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot n_{\perp} = -\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 25,151 = -17,784 N/mm^2$$

- Primera condición de seguridad que establece el CTE para soldaduras en ángulo:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{17,784^2 + 3 \cdot (-17,784)^2} \leq \frac{410}{0,85 \cdot 1,25}$$

$$35,568 \frac{N}{mm^2} < 385,88 \frac{N}{mm^2} \rightarrow CUMPLE$$

- Segunda condición de seguridad que establece el CTE para soldaduras en ángulo:

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$17,784 \leq \frac{410}{1,25} \rightarrow 17,784 \frac{N}{mm^2} < 328 \frac{N}{mm^2} \rightarrow CUMPLE$$

### ESTUDIO DE LAS SOLDADURAS 3

Las tensiones normales máximas sobre el plano de abatimiento de estas soldaduras son las siguientes:

$$n_{\perp \max} = \frac{N}{A_{\text{sold}}} + \frac{M_y \cdot z}{I_{\text{sold}}} = \frac{711,071 \cdot 10^3 \text{ N}}{6540 \text{ mm}^2} + \frac{14,536 \cdot 10^6 \text{ mm} \cdot \text{N} \cdot 0}{78,331 \cdot 10^6 \text{ mm}^4}$$

$$n_{\perp \max} = 108,73 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$t_{// \max} = \frac{V}{2 \cdot a_3 \cdot L_3} = \frac{58,178 \cdot 10^3 \text{ N}}{2 \cdot 5 \text{ mm} \cdot 248 \text{ mm}} = 23,459 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Por tanto, las tensiones en el plano de garganta son:

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot n_{\perp} + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot t_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 108,73 = 76,881 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot t_{\perp} - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot n_{\perp} = -\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 108,73 = -76,881 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{//} = t_{//} = 23,459 \text{ N/mm}^2$$

- Primera condición de seguridad que establece el CTE para soldaduras en ángulo:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{76,881^2 + 3 \cdot ((-76,881)^2 + 23,459^2)} \leq \frac{410}{0,85 \cdot 1,25}$$

$$159,04 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 385,88 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Segunda condición de seguridad que establece el CTE para soldaduras en ángulo:

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$76,881 \leq \frac{410}{1,25} \rightarrow 76,881 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 328 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Todas las soldaduras cumplen las comprobaciones especificadas por el CTE. En la *Tabla 7.1.5* se muestra un resumen con las dimensiones proyectadas para las soldaduras de esta unión:

| <b>Soldadura</b>    | <b>Espesor de garganta (mm)</b> | <b>Longitud (mm)</b> |
|---------------------|---------------------------------|----------------------|
| <b>Soldaduras 1</b> | 7                               | 160                  |
| <b>Soldaduras 2</b> | 7                               | 65                   |
| <b>Soldaduras 3</b> | 3                               | 248                  |

*Tabla 7.1.43. Dimensiones finales de las soldaduras de la unión 9. Fuente: autor*

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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA  
**SUBANEXO 7.2. CIMENTACIÓN**

## ÍNDICE

|   |            |
|---|------------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>             | <b>264</b> |
| <b>2 CIMENTACIÓN DEL ASCENSOR .....</b> | <b>265</b> |
| <b>2.1 ARMADURA .....</b>               | <b>265</b> |
| <b>2.2 COMPROBACIONES E.L.U. ....</b>   | <b>266</b> |
| <b>3 CIMENTACIÓN DEL TABLERO .....</b>  | <b>269</b> |
| <b>3.1 ARMADURA .....</b>               | <b>269</b> |
| <b>3.2 COMPROBACIONES E.L.U. ....</b>   | <b>270</b> |

## 1 INTRODUCCIÓN

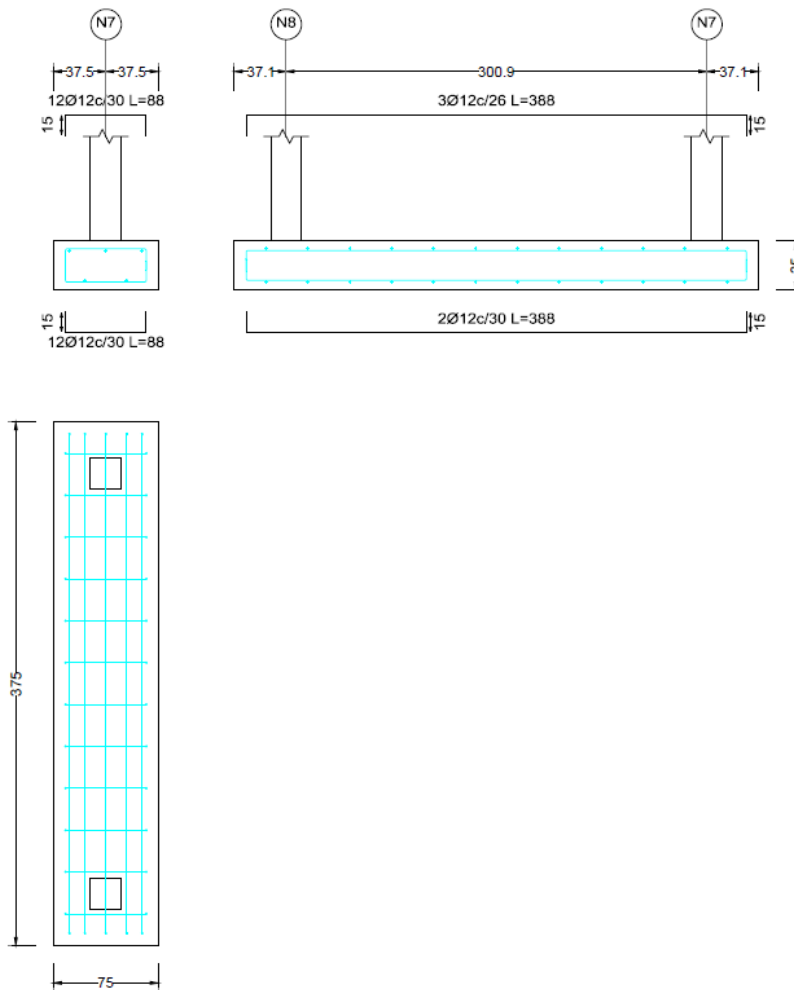
En el presente subanexo se va a dar detalle de la geometría de la cimentación que sostiene la estructura metálica existente, así como sus comprobaciones frente a Estados Límite Últimos.



## 2 CIMENTACIÓN DEL ASCENSOR

El elemento resistivo colocado en la torre del ascensor es una losa, de la que arrancarán los 4 pilares que la componen.

Como se puede observar en la *Figura 7.2.1*, las dimensiones de la losa son 335x430x70 cm.



*Figura 7.2.65. Dimensiones de la losa. Fuente: autor*

### 2.1 ARMADURA

Tanto la armadura superior como la inferior de la losa está compuesta de barras corrugadas de acero B400S, con  $\gamma_s = 1,15$  y un diámetro  $\phi = 12$  mm.

Se colocará una cuantía de 20 barras en el sentido longitudinal tanto en la parrilla superior como en la inferior, y una cuantía de 15 barras en sentido transversal, también en ambas parrillas.

El resto de detalles se muestran en la *Tabla 7.2.1*.

## 2.2 COMPROBACIONES E.L.U.

A continuación, se presenta el informe referente a la comprobación de la cimentación frente a Estados Límite Últimos.

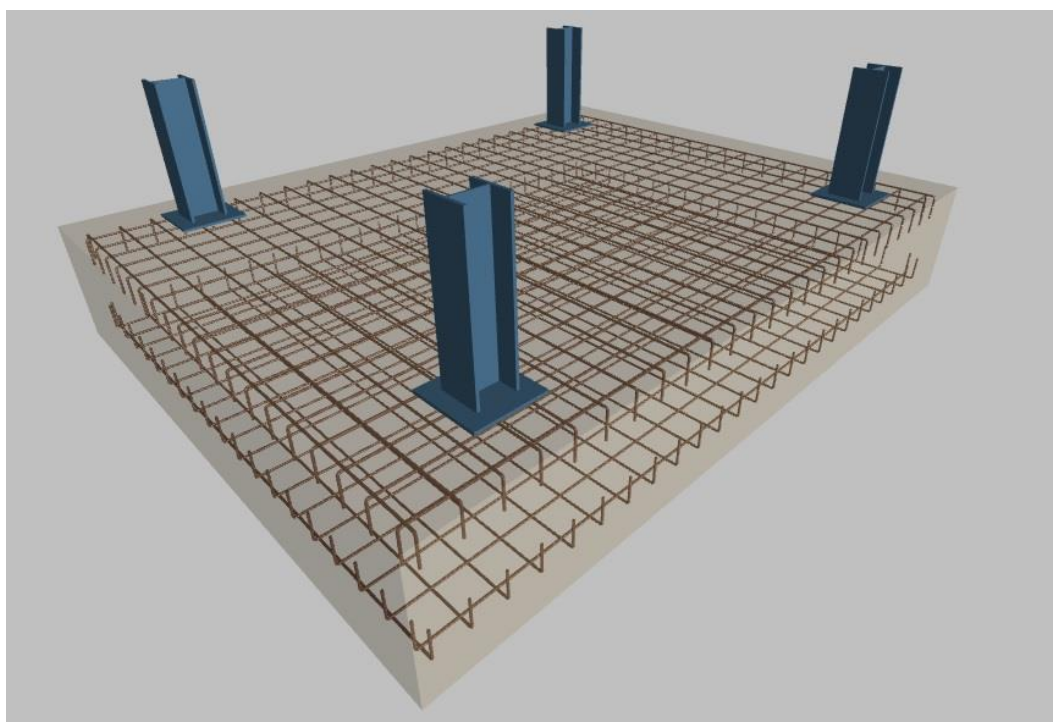
| Comprobación  | Valores  | Estado  |
|---|--|---|
| <p>Tensiones sobre el terreno:<br/><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- Tensión media en situaciones persistentes:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:</p>                                   | <p>Máximo: 2 kp/cm<sup>2</sup><br/>Calculado: 0.42 kp/cm<sup>2</sup></p> <p>Máximo: 2.5 kp/cm<sup>2</sup><br/>Calculado: 0.341 kp/cm<sup>2</sup></p> <p>Máximo: 2.5 kp/cm<sup>2</sup><br/>Calculado: 0.907 kp/cm<sup>2</sup></p> | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>               |
| <p>Vuelco de la zapata:<br/><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p> | <p>Reserva seguridad: 962.8 %</p> <p>Reserva seguridad: 6.3 %</p>  | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>                             |
| <p>Flexión en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>  | <p>Momento: -5.24 t·m</p> <p>Momento: 15.80 t·m</p>  | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>                             |
| <p>Cortante en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>   | <p>Cortante: 4.31 t</p> <p>Cortante: 6.53 t</p>  | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>                             |
| <p>Compresión oblicua en la zapata:</p> <p>- Situaciones persistentes:<br/><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p>   | <p>Máximo: 509.68 t/m<sup>2</sup><br/>Calculado: 23.6 t/m<sup>2</sup></p>  | <p>Cumple</p>   |
| <p>Canto mínimo:<br/><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i></p>  | <p>Mínimo: 25 cm<br/>Calculado: 70 cm</p>  | <p>Cumple</p>   |
| <p>Espacio para anclar arranques en cimentación:</p> <p>- N3:</p> <p>- N4:</p> <p>- N23:</p> <p>- N25:</p>  | <p>Mínimo: 60 cm</p> <p>Calculado: 63 cm</p> <p>Calculado: 63 cm</p> <p>Calculado: 63 cm</p> <p>Calculado: 63 cm</p>   | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |
| <p>Cuantía geométrica mínima:<br/><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>   | <p>Mínimo: 0.0009</p> <p>Calculado: 0.001</p> <p>Calculado: 0.001</p> <p>Calculado: 0.001</p> <p>Calculado: 0.001</p>  | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |

| Comprobación   | Valores  | Estado  |
|--|--|---|
| <p>Cuantía mínima necesaria por flexión:<br/><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:<br/>- Armado inferior dirección Y:<br/>- Armado superior dirección X:<br/>- Armado superior dirección Y:</p>  | <p>Calculado: 0.001</p> <p>Mínimo: 0.0001</p> <p>Mínimo: 0.0004</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0002</p>  | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>   |
| <p>Diámetro mínimo de las barras:<br/><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i></p> <p>- Parrilla inferior:<br/>- Parrilla superior:</p>   | <p>Mínimo: 12 mm</p> <p>Calculado: 12 mm</p> <p>Calculado: 12 mm</p>   | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>   |
| <p>Separación máxima entre barras:<br/><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:<br/>- Armado inferior dirección Y:<br/>- Armado superior dirección X:<br/>- Armado superior dirección Y:</p>  | <p>Máximo: 30 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p>   | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>   |
| <p>Separación mínima entre barras:<br/><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:<br/>- Armado inferior dirección Y:<br/>- Armado superior dirección X:<br/>- Armado superior dirección Y:</p>   | <p>Mínimo: 10 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p>   | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>   |
| <p>Longitud de anclaje:<br/><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i></p> <p>- Armado inf. dirección X hacia der:<br/>- Armado inf. dirección X hacia izq:<br/>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:<br/>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:<br/>- Armado sup. dirección X hacia der:<br/>- Armado sup. dirección X hacia izq:<br/>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:<br/>- Armado sup. dirección Y hacia abajo:</p> | <p>Mínimo: 15 cm</p> <p>Calculado: 15 cm</p> <p>Calculado: 15 cm</p> <p>Calculado: 151 cm</p> <p>Calculado: 165 cm</p> <p>Calculado: 117 cm</p> <p>Calculado: 117 cm</p> <p>Calculado: 108 cm</p> <p>Calculado: 165 cm</p> | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |
| <p>Longitud mínima de las patillas:<br/>- Armado inf. dirección X hacia der:<br/>- Armado inf. dirección X hacia izq:<br/>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:<br/>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:<br/>- Armado sup. dirección X hacia der:</p>  | <p>Mínimo: 12 cm</p> <p>Calculado: 15 cm</p> <p>Calculado: 15 cm</p> <p>Calculado: 15 cm</p> <p>Calculado: 15 cm</p> <p>Calculado: 15 cm</p>   | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>   |

| Comprobación                            | Valores          | Estado |
|---|------------------|--------|
| - Armado sup. dirección X hacia izq:    | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba: | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones     |                  |        |

*Tabla 7.2.44. Comprobaciones a E.L.U de la losa del ascensor. Fuente: autor*

En la *Figura 7.2.2* se muestra la vista 3D generada por Cype de la cimentación calculada.

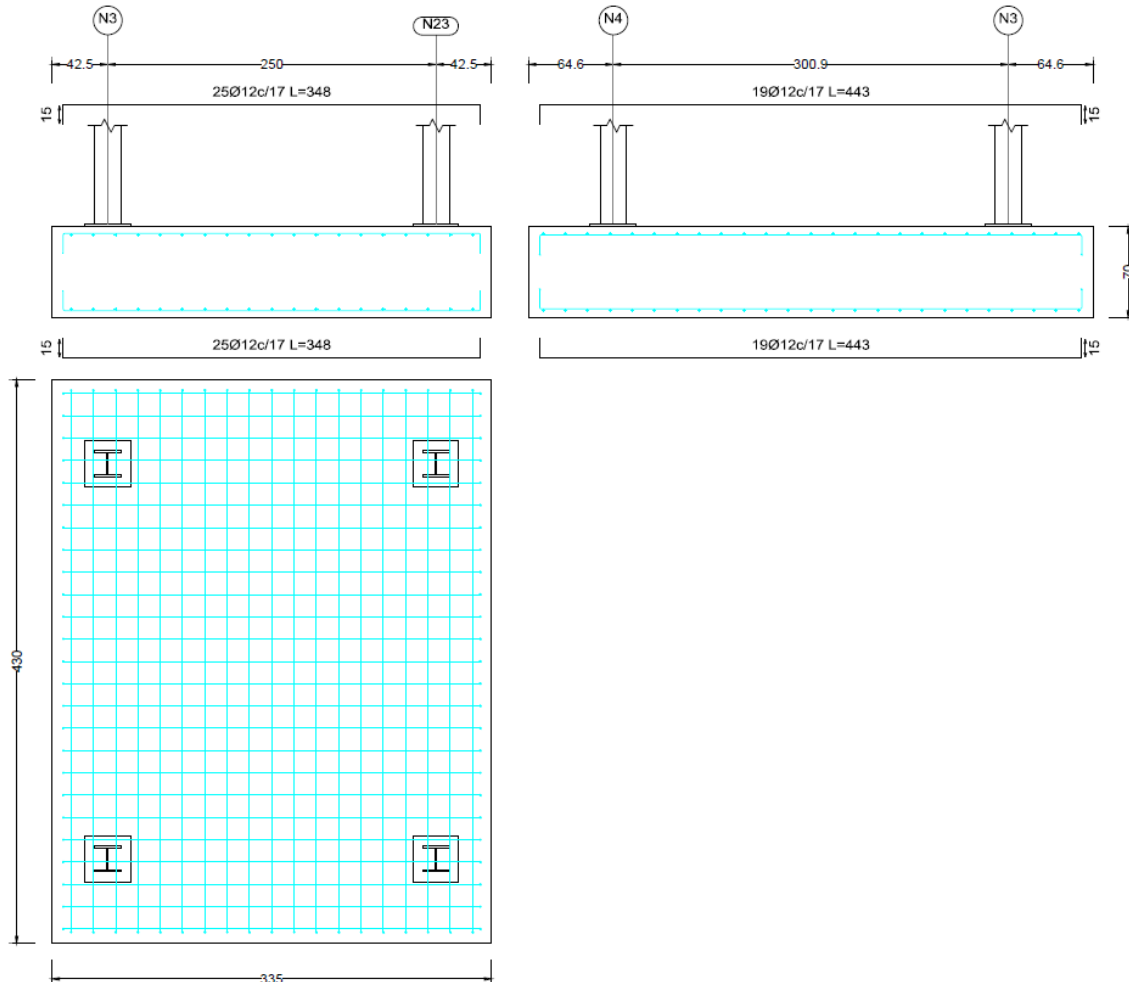


*Figura 7.2.66. Vista 3D de la cimentación. Fuente: autor*

### 3 CIMENTACIÓN DEL TABLERO

El elemento resistivo colocado el tablero también es una losa.

Como se puede observar en la *Figura 7.2.3*, las dimensiones de la losa son 75x375x35 cm.



*Figura 7.2.67. Dimensiones de la losa. Fuente: autor*

#### 3.1 ARMADURA

Tanto la armadura superior como la inferior de la losa está compuesta de barras corrugadas de acero B400S, con  $\gamma_s = 1,15$  y un diámetro  $\phi = 12$  mm.

Se colocará una cuantía de 12 barras en el sentido longitudinal tanto en la parrilla superior como en la inferior. Por otro lado, en el sentido transversal se colocarán 3 barras en la parrilla superior y 2 en la inferior.

El resto de detalles se muestran en la *Tabla 7.2.2*.

### 3.2 COMPROBACIONES E.L.U.

A continuación, se presenta el informe referente a la comprobación de la cimentación frente a Estados Límite Últimos.

| Comprobación  | Valores   | Estado  |
|---|---|---|
| <p>Tensiones sobre el terreno:<br/><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- Tensión media en situaciones persistentes:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:</p>                                   | <p>Máximo: 2 kp/cm<sup>2</sup><br/>Calculado: 0.289 kp/cm<sup>2</sup></p> <p>Máximo: 2.5 kp/cm<sup>2</sup><br/>Calculado: 0.311 kp/cm<sup>2</sup></p> <p>Máximo: 2.5 kp/cm<sup>2</sup><br/>Calculado: 0.408 kp/cm<sup>2</sup></p> | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>               |
| <p>Vuelco de la zapata:<br/><i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p> | <p>Reserva seguridad: 89.0 %</p> <p>Reserva seguridad: 7517.4 %</p>   | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>                             |
| <p>Flexión en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>  | <p>Momento: 0.70 t·m</p> <p>Momento: -2.42 t·m</p>  | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>                             |
| <p>Cortante en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>   | <p>Cortante: 0.00 t</p> <p>Cortante: 2.53 t</p>   | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>                             |
| <p>Compresión oblicua en la zapata:</p> <p>- Situaciones persistentes:<br/><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p>   | <p>Máximo: 509.68 t/m<sup>2</sup><br/>Calculado: 16.9 t/m<sup>2</sup></p>   | <p>Cumple</p>   |
| <p>Canto mínimo:<br/><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i></p>  | <p>Mínimo: 25 cm<br/>Calculado: 35 cm</p>   | <p>Cumple</p>   |
| <p>Espacio para anclar arranques en cimentación:</p> <p>- N7:</p> <p>- N8:</p>  | <p>Mínimo: 0 cm<br/>Calculado: 28 cm</p> <p>Calculado: 28 cm</p>  | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>                             |
| <p>Cuantía geométrica mínima:<br/><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>   | <p>Mínimo: 0.0009</p> <p>Calculado: 0.0011</p> <p>Calculado: 0.0011</p> <p>Calculado: 0.0011</p> <p>Calculado: 0.0012</p>   | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |
| <p>Cuantía mínima necesaria por flexión:<br/><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p>  | <p>Mínimo: 0.0001<br/>Calculado: 0.0011</p>   | <p>Cumple</p>   |

| Comprobación  | Valores                             | Estado |
|---|-------------------------------------|--------|
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0.0001<br>Calculado: 0.0011 | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 0.0013<br>Calculado: 0.0013 | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>   | Mínimo: 12 mm                       |        |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 12 mm                    | Cumple |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 12 mm                    | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                       |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 30 cm                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 30 cm                    | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 30 cm                    | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                    | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> | Mínimo: 10 cm                       |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 30 cm                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 30 cm                    | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 30 cm                    | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 26 cm                    | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                             |                                     |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:  | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:  | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 15 cm   | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba:   | Mínimo: 36 cm<br>Calculado: 160 cm  | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 36 cm<br>Calculado: 160 cm  | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 12 cm                       |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 15 cm                    | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 15 cm                    | Cumple |

| Comprobación                            | Valores          | Estado |
|---|------------------|--------|
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba: | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia der:    | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección X hacia izq:    | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia arriba: | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado sup. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones     |                  |        |

Tabla 7.2.45. Comprobaciones a E.L.U de la losa del tablero. Fuente: autor.

En la *Figura 7.2.4* se muestra la vista 3D generada por Cype de la cimentación calculada.

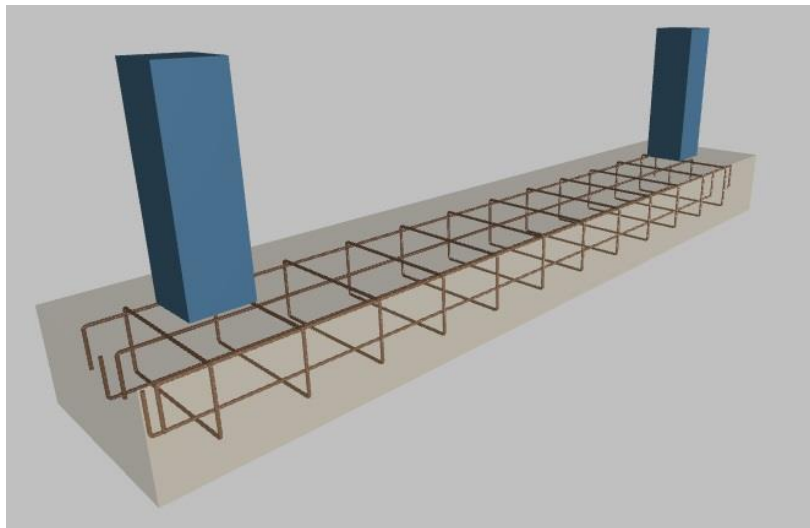


Figura 7.2.68. Vista 3D de la cimentación. Fuente: autor



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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA  
**ANEXO 8. INSTALACIÓN  
ELÉCTRICA**

## ÍNDICE

|   |            |
|---|------------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....   | <b>276</b> |
| <b>2 NORMATIVA A EMPLEAR</b> .....  | <b>277</b> |
| <b>3 PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA INSTALACIÓN</b> .....                       | <b>278</b> |
| <b>3.1 DESLUMBRAMIENTO PERTURBADOR</b> .....                                      | <b>278</b> |
| <b>3.2 ILUMINANCIA HORIZONTAL EN UN PUNTO DE UNA SUPERFICIE</b> .....             | <b>278</b> |
| <b>3.3 ILUMINANCIA MEDIA HORIZONTAL</b> .....                                     | <b>278</b> |
| <b>3.4 ILUMINANCIA MÍNIMA HORIZONTAL</b> .....                                    | <b>279</b> |
| <b>3.5 LUMINANCIA EN UN PUNTO DE LA SUPERFICIE</b> .....                          | <b>279</b> |
| <b>3.6 LUMINANCIA MEDIA DE UNA SUPERFICIE</b> .....                               | <b>279</b> |
| <b>3.7 UNIFORMIDAD GLOBAL DE LUMINANCIAS</b> .....                                | <b>279</b> |
| <b>3.8 UNIFORMIDAD MEDIA DE ILUMINANCIAS</b> .....                                | <b>279</b> |
| <b>3.9 EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN</b> .....                          | <b>279</b> |
| <b>3.9.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA</b> .....  | <b>279</b> |
| <b>3.9.2 DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA</b> .....                      | <b>280</b> |
| <b>3.9.3 MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA</b> .....                             | <b>280</b> |
| <b>3.9.4 REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA</b> .....                    | <b>280</b> |
| <b>3.9.5 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO</b> .....      | <b>281</b> |
| <b>3.10 DESLUMBRAMIENTOS</b> .....  | <b>282</b> |
| <b>4 ELEMENTOS COMUNES A TODOS LOS APARATOS</b> .....                             | <b>284</b> |
| <b>4.1 PUESTAS A TIERRA</b> .....   | <b>284</b> |
| <b>4.2 SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO</b> .....                                    | <b>284</b> |
| <b>4.3 CABLEADO</b> .....   | <b>284</b> |
| <b>4.3.1 INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES</b> .....                                | <b>285</b> |
| <b>4.3.2 DEFINICIÓN DE LAS CONDUCCIONES</b> .....                                 | <b>285</b> |
| <b>4.3.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES</b> .....                                    | <b>285</b> |
| <b>5 CONDICIONES GENERALES PARA CRUZAMIENTO, PROXIMIDADES Y PARALELISMO</b> ..... | <b>287</b> |
| <b>5.1 CRUZAMIENTOS</b> .....   | <b>287</b> |
| <b>6 ILUMINACIÓN DEL TABLERO</b> .....  | <b>288</b> |
| <b>6.1 CLASIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN DE PROYECTO</b> .....                        | <b>288</b> |
| <b>6.2 NIVELES DE ILUMINACIÓN</b> .....   | <b>288</b> |
| <b>6.3 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN</b> .....                                    | <b>290</b> |
| <b>6.3.1 LUMINARIAS</b> .....   | <b>290</b> |
| <b>6.4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b> .....  | <b>292</b> |

|   |     |
|---|-----|
| 6.5 LÁMPARAS.....                                   | 292 |
| 6.6 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN .....                    | 292 |
| 6.6.1 RESULTADOS .....                              | 293 |
| 7 ILUMINACIÓN DE LOS ACCESOS .....                  | 295 |
| 7.1 CLASIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN DE PROYECTO ..... | 295 |
| 7.2 NIVELES DE ILUMINACIÓN .....                    | 295 |
| 7.3 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.....              | 296 |
| 7.3.1 LUMINARIAS .....                              | 296 |
| 7.4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....                     | 298 |
| 7.5 LÁMPARAS.....                                   | 298 |
| 7.6 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN .....                    | 298 |
| 7.6.1 RESULTADOS .....                              | 298 |
| 8 INSTALACIÓN DEL ASCENSOR.....                     | 301 |
| 8.1 CARACTERÍSTICAS DEL ASCENSOR.....               | 301 |
| 9 CÁLCULOS ELÉCTRICOS .....                         | 304 |
| 9.1 TABLERO.....                                    | 304 |
| 9.2 ACCESOS.....                                    | 304 |
| 9.2.1 ACCESO SUPERIOR .....                         | 304 |
| 9.2.1 ACCESO INFERIOR .....                         | 305 |
| 9.3 ASCENSOR .....                                  | 305 |

## 1 INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente anexo es definir y justificar las soluciones adoptadas para la instalación eléctrica de las luminarias y el ascensor, piezas clave del proyecto, ya que de las luminarias depende una correcta visibilidad y del ascensor la accesibilidad a personas con movilidad reducida.

## 2 NORMATIVA A EMPLEAR

Para el dimensionamiento de la instalación, se ha empleado la siguiente normativa;

- Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Alumbrado Público.
- Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias, de EA-01 a EA-07.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.E.B.T).
- Instrucciones Técnicas de Baja Tensión (ITC-BT).
- Clasificación de vías y niveles de iluminación.
- Clasificación de pavimentos.

### 3 PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA INSTALACIÓN

En toda instalación eléctrica existen una serie de parámetros que deben considerarse en el momento de dimensionarla. Es posible que estas medidas sean significativas en la decisión de optar por una solución u otra, por ello, previo al cálculo de la iluminación es preciso estudiar y definir dichos parámetros.

#### 3.1 DESLUMBRAMIENTO PERTURBADOR

Se trata del deslumbramiento que perturba la visión de los objetos sin causar necesariamente una sensación desagradable. La medición de la pérdida de visibilidad producida por este parámetro, ocasionado por las luminarias de la instalación de alumbrado público, se efectúa mediante el incremento de umbral de contraste. Su símbolo TI, carece de unidades y su expresión, en función de la luminancia de velo  $L_v$  y la luminancia media de la calzada  $L_m$  (entre 0,05 y 5  $\text{cd}/\text{m}^2$ ), es la siguiente:

$$TI = 65 \cdot \frac{L_v}{L_m^{0,8}}$$

Donde:

|       |   |
|-------|---|
| TI    | Incremento de umbral correspondiente al deslumbramiento perturbador (%) |
| $L_v$ | Luminancia de velo total en $\text{cd}/\text{m}^2$                      |
| $L_m$ | Luminancia media de la calzada en $\text{cd}/\text{m}^2$                |

#### 3.2 ILUMINANCIA HORIZONTAL EN UN PUNTO DE UNA SUPERFICIE

Cociente entre el flujo luminoso incidente sobre un elemento de la superficie que contiene el punto y el área de ese elemento. Su símbolo es E y la unidad lux ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ).

La expresión de la iluminancia horizontal en un punto P, en función de la intensidad luminosa que incide en dicho punto, definida por las coordenadas (C,  $\gamma$ ) en la dirección del mismo, y de la altura h de montaje de la luminaria, es la siguiente:

$$E = \frac{l(c, \gamma) \cdot \cos^3 \gamma}{h^2}$$

#### 3.3 ILUMINANCIA MEDIA HORIZONTAL

Valor medio de la iluminancia horizontal en la superficie considerada. Su símbolo es  $E_m$  y se expresa en lux.

### 3.4 ILUMINANCIA MÍNIMA HORIZONTAL

Valor mínimo de la iluminancia horizontal en la superficie considerada. Su símbolo es  $E_{\min}$  y se expresa en lux.

### 3.5 LUMINANCIA EN UN PUNTO DE LA SUPERFICIE

Intensidad luminosa por unidad de superficie reflejada por la misma en la dirección del ojo observador. Su símbolo es  $L$  y su unidad es candela entre metro cuadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ).

La expresión de la luminancia en un punto  $P$ , en función de la intensidad luminosa que incide en dicho punto, de la altura  $h$  de montaje de la luminaria y de las características de reflexión del pavimento  $r(\beta, \text{tg } \gamma)$ , es la siguiente:

$$L = \frac{l(c, \gamma) \cdot r(\beta, \text{tg } \gamma)}{h^2}$$

### 3.6 LUMINANCIA MEDIA DE UNA SUPERFICIE

Valor medio de la luminancia de la superficie considerada. Su símbolo es  $L_m$  y se expresa en  $\text{cd}/\text{m}^2$ . Esta medida es equivalente a la iluminancia media.

### 3.7 UNIFORMIDAD GLOBAL DE LUMINANCIAS

Relación entre la luminancia mínima y la media de la superficie de la calzada. Su símbolo es  $U_o$  y es adimensional.

### 3.8 UNIFORMIDAD MEDIA DE ILUMINANCIAS

Relación entre la iluminancia mínima y la media de la superficie de la calzada. Su símbolo es  $U_m$  y es adimensional.

## 3.9 EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

### 3.9.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación y la potencia activa total instalada.

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

Siendo:

- $\varepsilon$  Eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior
- $P$  Potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares)

- S Superficie iluminada
- Em Iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto

### 3.9.2 DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética se puede determinar mediante la utilización de los siguientes factores:

- $\varepsilon_L$  : Eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares ( $\text{lum}/W = \text{m}^2 \cdot \text{lux}/W$ )  
Es la relación entre el flujo luminoso emitido por un lámpara y la potencia total consumida por la lámpara más su equipo auxiliar.
- $f_m$  : Factor de mantenimiento de la instalación (en valores por unidad)  
Es la relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores iniciales.
- $f_u$  : Factor de utilización de la instalación (en valores por unidad)  
Es la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llegan a la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias.

Dichos factores se introducen en la siguiente ecuación:

$$\varepsilon = \varepsilon_L \cdot f_m \cdot f_u \left( \frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$$

### 3.9.3 MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Para mejorar la eficiencia energética de una instalación de alumbrado se podrá actuar incrementando el valor de cualquiera de los tres factores anteriores, de forma que la instalación más eficiente será aquella en la que el producto de los tres factores, eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares y factores de mantenimiento y utilización de las instalaciones sea máximo.

### 3.9.4 REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Se definen como instalaciones de alumbrado vial funcional las de autopistas, autovías, carreteras y vías urbanas, consideradas en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02 como situaciones de proyecto A y B.

Las instalaciones de alumbrado vial funcional con independencia del tipo de lámpara, pavimento y de las características o geometría de la instalación, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan en la *Tabla 8.1*.



| Iluminancia media en servicio<br>$E_m(\text{lux})$ | EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA<br>$\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$ |
|--|---|
| $\geq 30$  | 22  |
| 25   | 20  |
| 20   | 17,5  |
| 15   | 15  |
| 10   | 12  |
| $\leq 7,5$   | 9,5   |

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

Tabla 8.46. Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional. Fuente: R.E.E.I.A.E – ITC-EA-01 (Fomento)

Alumbrado vial ambiental es el que se ejecuta generalmente sobre soportes de baja altura (de 3 a 5 m) en áreas urbanas para la iluminación de vías peatonales, comerciales, aceras, parques y jardines, centros históricos, vías de velocidad limitada, etc., considerados en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02 como situaciones de proyecto C, D y E.

Las instalaciones de alumbrado vial ambiental, con independencia del tipo de lámpara y de las características o geometría de la instalación (dimensiones de la superficie a iluminar, así como la disposición de las luminarias) deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan en la *Tabla 8.2*:

| Iluminancia media en servicio<br>$E_m(\text{lux})$ | EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA<br>$\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$ |
|--|---|
| $\geq 20$  | 9   |
| 15   | 7,5   |
| 10   | 6   |
| 7,5  | 5   |
| $\leq 5$   | 3,5   |

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

Tabla 8.47. Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial ambiental. Fuente: R.E.E.I.A.E – ITC-EA-01 (Fomento)

### 3.9.5 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

Las instalaciones de alumbrado exterior, excepto las de alumbrados de señales y anuncios luminosos y festivos y navideños, se califican en función de su índice de eficiencia energética.

Con objeto de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado y en consonancia con lo establecido en otras reglamentaciones, se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete

letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficientes y con más consumo de energía). El índice utilizado para la escala de letras será el índice de consumo energético (ICE) que es igual al inverso del índice de eficiencia energética.

| Calificación Energética | Índice de consumo energético  | Índice de Eficiencia Energética |
|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| A                       | ICE < 0,91                    | $l_e > 1,1$                     |
| B                       | $0,91 \leq \text{ICE} < 1,09$ | $1,1 \geq l_e > 0,92$           |
| C                       | $1,09 \leq \text{ICE} < 1,35$ | $0,92 \geq l_e > 0,74$          |
| D                       | $1,35 \leq \text{ICE} < 1,79$ | $0,74 \geq l_e > 0,56$          |
| E                       | $1,79 \leq \text{ICE} < 2,63$ | $0,56 \geq l_e > 0,38$          |
| F                       | $2,63 \leq \text{ICE} < 5,00$ | $0,38 \geq l_e > 0,20$          |
| G                       | ICE $\geq 5,00$               | $l_e \leq 0,20$                 |

Tabla 8.48. Calificación energética de una instalación de alumbrado. Fuente: R.E.E.I.A E – ITC-EA-01 (Fomento)

### 3.10 DESLUMBRAMIENTOS

El índice de deslumbramiento se determina mediante la siguiente ecuación:

$$D = I \cdot A - 0,5 \text{ (cd/m}^2\text{)}$$

Donde:

- I Valor máximo de la intensidad luminosa (cd) en cualquier dirección que forme un ángulo de 85° con la vertical.
- A Área aparente ( $m_2$ ) de las partes luminosas de la luminaria en un plano perpendicular a la dirección de la intensidad (I).

La *Tabla 8.4* expone las clases D de índice de deslumbramiento que se utilizará para satisfacer los requisitos apropiados del deslumbramiento molesto para las luminarias de ambiente con superficie luminosa difusora, instaladas a baja altura.

| Clase                            | D0 | D1    | D2    | D3    | D4    | D5    | D6  |
|----------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| Índice de deslumbramiento máximo | -  | 7.000 | 5.500 | 4.000 | 2.000 | 1.000 | 500 |

Tabla 8.49. Clases D de índice de deslumbramiento. Fuente: R.E.E.I.A E – ITC-EA-01 (Fomento)

Para alumbrado de vías peatonales, las clases D de índice de deslumbramiento máximo en función de la altura  $h$  de montaje en metros de las luminarias, serán las indicadas en la *Tabla 8.5*.

| Altura de Montaje | Clases D |
|-------------------|----------|
| $h \leq 4,5$      | D3       |
| $4,5 < h \leq 6$  | D2       |
| $h > 6$           | D1       |

Tabla 8.50. Índice de deslumbramiento en función de la altura de montaje. Fuente: R.E.E.I.A E – ITC-EA-01 (Fomento)

Para el alumbrado vial funcional, el deslumbramiento se limitará por medio del parámetro “deslumbramiento perturbador”, definido anteriormente.

## 4 ELEMENTOS COMUNES A TODOS LOS APARATOS

Existen una serie de componentes que son comunes a los distintos elementos que componen la instalación y que se definirán a continuación para facilitar la comprensión de los mismos.

### 4.1 PUESTAS A TIERRA

La máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24V, en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc.).

La puesta a tierra de los soportes se realizará por conexión a una red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro de protección, medida y control. En las redes de tierra, se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y último de cada línea.

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

- Aislados, mediante cables de tensión asignada 450/750V, con recubrimiento de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima 16 mm<sup>2</sup> para redes subterráneas, y de igual sección que los conductores de fase para las redes posadas, en cuyo caso irán por el interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.

El conductor de protección que une cada soporte con el electrodo o con la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, y sección mínima de 16 mm<sup>2</sup> de cobre.

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

### 4.2 SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO

Los sistemas de acondicionamiento deberán garantizar que las instalaciones de alumbrado exterior se enciendan y apaguen con precisión a las horas previstas cuando la luminosidad ambiente lo requiera, al objeto de ahorrar energía.

Toda la instalación de alumbrado exterior con una potencia de lámparas y equipos auxiliares superiores a 5 kW deberá incorporar un sistema de accionamiento por reloj astronómico o sistema de encendido centralizado. La instalación proyectada es holgadamente superior a esta cifra por lo que se proyecta la utilización de un sistema de encendido centralizado.

### 4.3 CABLEADO

Tal y como marca el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, los conductores de los cables utilizados en las líneas subterráneas serán de cobre y estarán aislados con mezclas apropiadas

de compuestos poliméricos. Estarán además debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y tendrán la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a los que puedan estar sometidos.

Los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, y deberán cumplir los requisitos especificados en la parte correspondiente de la Norma UNEHD 603. La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas y, en todo caso, esta sección no será inferior a 6 mm<sup>2</sup> para conductores de cobre que es el material escogido para la presente instalación.

Se proyecta la instalación de tres conductores y neutro, por lo que la sección de este debe ser igual al de las fases tal y como marca el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

El modelo de cable a utilizar es: AFUMEX PLUS 750V o similar, y presenta las siguientes características:

- Metal de cobre electrolítico recocido
- Temperatura máxima en el conductor: 70°C
- Cable flexible, de clase 5
- El material de aislamiento es una mezcla especial termoplástica de todos los colores
- No propagación de la llama
- No propagación del incendio

#### **4.3.1 INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES**

En la *Tabla 8.6* se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de cables en función de su sección y del material que los protege. En el caso de la zona verde, el material de aislamiento es PVC.

#### **4.3.2 DEFINICIÓN DE LAS CONDUCCIONES**

A continuación, se definen aspectos constructivos tales como características de las zanjas por las que discurrirán las conducciones, el trazado de las mismas, protecciones mecánicas y señalizaciones que deben albergar, distancias entre distintos tipos de servicios, etc.

#### **4.3.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

El cableado irá dispuesto en zanja puesto que se ha proyectado una instalación subterránea, desde el reglamento electrotécnico de baja tensión se dan una serie de pautas a seguir a la hora de realizar las canalizaciones de los conductores:

- Las canalizaciones se dispondrán por terrenos de dominio público y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo aceras o paseos peatonales.

- El trazado será lo más rectilíneo posible y, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes (o en su defecto los indicados en las normas de la serie UNE 20.435), a respetar en los cambios de dirección.
- La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera o paseos peatonales.
- Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:
  - El lecho de la zanja que va a recibir que el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable.
  - Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.
  - Por encima de la arena, todos los cables deberán tener una protección mecánica, como, por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Se colocará también una cinta de señalización, a una distancia mínima del suelo de 0,10 m y a de la parte superior del cable de 0,25 m, que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión.



| SECCIÓN NOMINAL<br>mm <sup>2</sup> | Terna de cables unipolares (1) (2)  |     |     | 1 cable tripolar o tetrapolar (3)  |     |     |
|------------------------------------|---|-----|-----|--|-----|-----|
|                                    |  |     |     |  |     |     |
|                                    | TIPO DE AISLAMIENTO   |     |     |  |     |     |
|                                    | XLPE  | EPR | PVC | XLPE   | EPR | PVC |
| 16                                 | 97  | 94  | 86  | 90   | 86  | 76  |
| 25                                 | 125   | 120 | 110 | 115  | 110 | 98  |
| 35                                 | 150   | 145 | 130 | 140  | 135 | 120 |
| 50                                 | 180   | 175 | 155 | 165  | 160 | 140 |
| 70                                 | 220   | 215 | 190 | 205  | 220 | 170 |
| 95                                 | 260   | 255 | 225 | 240  | 235 | 210 |
| 120                                | 295   | 290 | 260 | 275  | 270 | 235 |
| 150                                | 330   | 325 | 290 | 310  | 305 | 265 |
| 185                                | 375   | 365 | 325 | 350  | 345 | 300 |
| 240                                | 430   | 420 | 380 | 405  | 395 | 350 |
| 300                                | 485   | 475 | 430 | 460  | 445 | 395 |
| 400                                | 550   | 540 | 480 | 520  | 500 | 445 |
| 500                                | 615   | 605 | 525 | -  | -   | -   |
| 630                                | 690   | 680 | 600 | -  | -   | -   |

Tabla 8.51. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de aluminio en instalación enterrada. Fuente: ITC-BT-07

## **5 CONDICIONES GENERALES PARA CRUZAMIENTO, PROXIMIDADES Y PARALELISMO**

### **5.1 CRUZAMIENTOS**

En este apartado se fijarán, para cada uno de los casos indicados, las condiciones a las que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados.

#### CALLES Y CARRETERAS

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores conforme con lo establecido en la ITC-BT-21, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

#### CABLES DE TELECOMUNICACIÓN

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m.

#### CANALIZACIONES DE GAS

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de canalizaciones será de 1 m.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 en proyección horizontal.

#### ACOMETIDAS (CONEXIONES DE SERVICIO)

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y canalizaciones de los servicios descritos anteriormente, se produzcan en el tramo de acometida a un edificio deberá mantenerse una distancia mínima de 0,20 m.

## 6 ILUMINACIÓN DEL TABLERO

Un correcto alumbrado del tablero de la pasarela es de vital importancia, ya que de ello depende que se puede transitar de noche en condiciones de seguridad.

De este modo, la zona a iluminar será el tablero con los criterios y niveles de iluminación del alumbrado de las vías peatonales.

Para determinar dichos niveles se ha considerado la Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación de Alumbrado Público, ya que resulta más exigente que el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado exterior.

### 6.1 CLASIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN DE PROYECTO

El nivel de iluminación requerido por la vía depende de los siguientes factores:

- La complejidad de trazado
- Tipo de vía
- Intensidad y sistema de control del tráfico
- La separación entre carriles destinados a distintos tipos de usuarios

El criterio de clasificación por el que se rige la normativa es la velocidad de circulación, que se expone según el tipo de usuarios que transiten la vía, como muestra la *Tabla 8.7*.

| VÍAS PEATONALES  |                   |   |   |   |                         |
|--|-------------------|---|---|---|-------------------------|
| TIPOS DE VÍAS  | TIPOS DE USUARIOS |   |   |   | SITUACIONES DE PROYECTO |
|  | M                 | S | C | P |                         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada.</li> <li>• Paradas de autobús con zonas de espera.</li> <li>• Áreas comerciales peatonales.</li> </ul> |                   |   |   |   | <b>E1</b>               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones.</li> </ul>  |                   |   |   |   | <b>E2</b>               |

*Tabla 8.52. Clasificación de las situaciones de proyecto en vías peatonales. Fuente: Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Alumbrado Público.*

El caso actual se definirá como una situación de proyecto E1, ya que la pasarela proyectada es un espacio peatonal de conexión.

### 6.2 NIVELES DE ILUMINACIÓN

Para obtener los niveles de iluminación mínimos resulta necesario definir la clase de alumbrado para la situación de proyecto definida anteriormente.



| SITUACIONES DE PROYECTO | TIPOS DE VÍAS  | CLASE DE ALUMBRADO* |
|-------------------------|--|---------------------|
| E 1                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada.</li> <li>• Paradas de autobús con zonas de espera</li> <li>• Áreas comerciales peatonales.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parámetros específicos dominantes</li> </ul> </li> </ul> |                     |
|                         | Flujo de tráfico de peatones   | CE 1A               |
|                         | Alto .....   | CE 2                |
|                         | Normal .....   | S 1                 |
|                         |  | S 2                 |
| E 2                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parámetros específicos complementarios</li> <li>Niveles de luminosidad ambiental</li> </ul>   | S 3                 |
|                         |  | S 4                 |
|                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones.</li> <li>- Parámetros específicos dominantes</li> </ul>   |                     |
|                         | Flujo de tráfico de peatones   | CE 1A               |
|                         | Alto .....   | CE 2                |
| E 2                     | Normal .....   | S 1                 |
|                         |  | S 2                 |
|                         |  | S 3                 |
|                         | - Parámetros específicos complementarios   | S 4                 |
|                         | Niveles de luminosidad ambiental   |                     |

Tabla 8.53. Clases de alumbrado para vías peatonales. Fuente: Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Alumbrado Público

Para este caso, se tomaría un flujo de tráfico de peatones normal, ya que, tal y como se puede comprobar en el Anexo 2. Estudio de viabilidad, el número diario de estos sería ligeramente superior a 500. A este flujo le corresponderían las clases de alumbrado S2, S3 y S4, pero en el apartado 5.6.1. Pasarelas peatonales de la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación se estipula que “La clase de alumbrado o nivel luminoso será CE1 y, en caso de riesgo de criminalidad, podrá adoptarse la clase CEO”.

Por tanto, no habiendo riesgo de criminalidad al ser una zona no conflictiva, se considerará necesaria una clase de alumbrado CE1.

En la Tabla 8.9 se muestra la iluminancia horizontal necesaria para las clases de alumbrado de la serie CE.

Para la clase CE1A, se tienen los siguientes parámetros:

- Iluminancia Media  $E_m$  (lux) : 25
- Uniformidad Media  $U_m$  : 0,40

| Iluminancia horizontal |                            |                      |
|------------------------|----------------------------|----------------------|
| Clase de Alumbrado *   | Iluminancia Media Em (lux) | Uniformidad Media Um |
| CE0                    | 50                         | 0,40                 |
| CE1                    | 30                         | 0,40                 |
| CE1A                   | 25                         | 0,40                 |
| CE2                    | 20                         | 0,40                 |
| CE3                    | 15                         | 0,40                 |
| CE4                    | 10                         | 0,40                 |
| CE5                    | 7,5                        | 0,40                 |

\* Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de depreciación no mayor de 0,8 dependiendo del tipo de luminaria y grado de contaminación del aire.

Tabla 8.54. Clases de alumbrado serie CE. Fuente: Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Alumbrado Público

## 6.3 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

A continuación, se definirán los distintos elementos que formarán parte de la instalación proyectada, es decir: luminarias, cableado, puesta a tierra y sistema de acondicionamiento.

### 6.3.1 LUMINARIAS

Para la iluminación del tablero se dispondrán dos tipos de luminarias distintas.

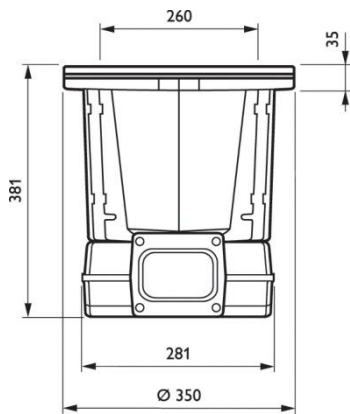
Se ha optado por unas luminarias de la casa Philips. Los modelos seleccionados son el BBP623 GC-AS y el BGP490 T25.

A continuación, se detallarán las características de estos dos modelos.

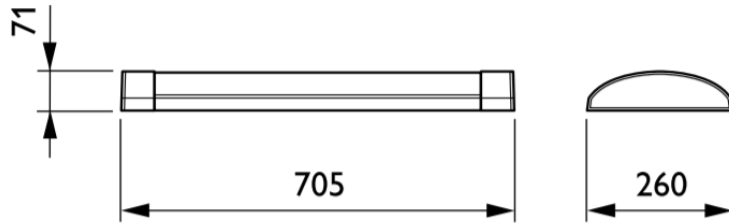
#### 6.3.1.1 DIMENSIONES

En las Figuras 8.1 y 8.2 se muestran las luminarias elegidas, además de un detalle con sus dimensiones.

Como se puede observar, la BBP623 GC-AS, con una superficie redondeada, presenta un diámetro de 350 mm, mientras que la BGP490 T25 tiene una longitud de 1261 mm y una anchura de 260 mm.



**Figura 8.1. Luminaria BBP623 GC-AS. Fuente: Philips**



**Figura 8.2. Luminaria BBP490 T25. Fuente: Philips**

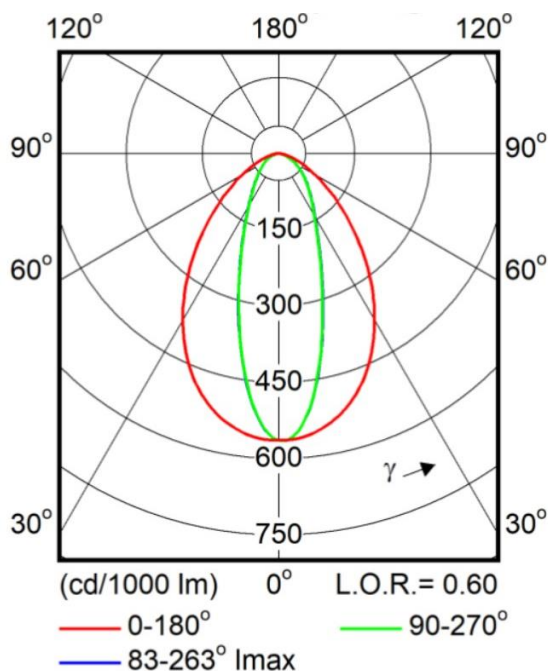
### 6.3.1.2 MONTAJE

Las luminarias BBP623 GC-AS se han proyectado empotradas en el suelo, quedando dispuestas en dos filas a los lados del tablero. Se colocarán 6 luminarias por fila.

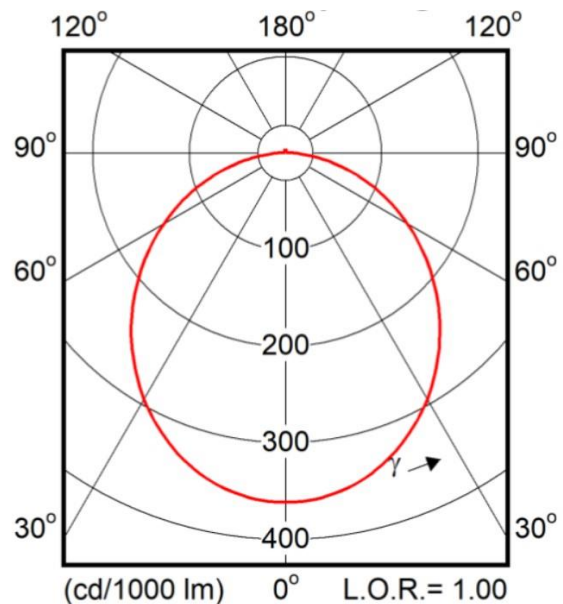
Por otro lado, el modelo BBP490 T25 se ha proyectado para iluminar la zona de entrada al ascensor, colocando una única luminaria.

### 6.3.1.3 FOTOMETRÍA

En las Figuras 8.3 y 8.4 se muestran los diagramas polares de las dos luminarias elegidas.



**Figura 8.3. Diagrama polar BBP623 GC-AS. Fuente: Philips**



**Figura 8.4. Diagrama polar BBP490 T25. Fuente: Philips**

## 6.4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En la instalación eléctrica en el interior de los soportes de la luminaria, se deberán respetar los siguientes aspectos:

- Los conductores serán de cobre, de sección mínima 2,5 mm<sup>2</sup>, y de tensión asignada 0,6/1kV, como mínimo; no existirán empalmes en el interior de los soportes.
- En los puntos de entrada de los cables al interior de los soportes, los cables tendrán una protección suplementaria de material aislante mediante la prolongación del tubo u otro sistema que lo garantice.
- La conexión a los terminales estará hecha de forma que no ejerza sobre los conductores ningún esfuerzo de tracción. Para las conexiones de los conductores de la red con los del soporte, se utilizarán elementos de derivación que contendrán los bornes apropiados, en número y tipo, así como los elementos de protección necesarios para el punto de luz.
- Las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias estarán conectadas a tierra.

## 6.5 LÁMPARAS

Se colocarán dos tipos de lámparas distintos, uno para cada tipo de luminaria, y son los siguientes:

- BBP623 GC-AS: lámparas 34xLED-HB/WW. Potencia de entrada: 54W.
- BGP490 T25: lámpara 1xLED21/840 DTS. Potencia de entrada: 21W.

## 6.6 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN

Es preciso determinar la situación de las luminarias y conocer la distancia de separación entre ellas, de modo que se superen los valores mínimos de los parámetros característicos de iluminación acordes con la clase de alumbrado expuesta.

Para ello se utilizará un procedimiento de cálculo por ordenador. El programa informático empleado es *DIALux evo 8.2*. Dicho programa realiza los cálculos de iluminación sobre una superficie definida una vez escogidas y ubicadas las luminarias que se consideren.

El procedimiento seguido para el cálculo ha sido el siguiente:

- Elaboración de un modelo 3D de la estructura con el software *SketchUp*.
- Importación del modelo 3D en *DIALux evo 8.2*
- Una vez importado, se han dispuesto las luminarias mencionadas en su ubicación final.
- Se generan y revisan los informes emitidos por el software.

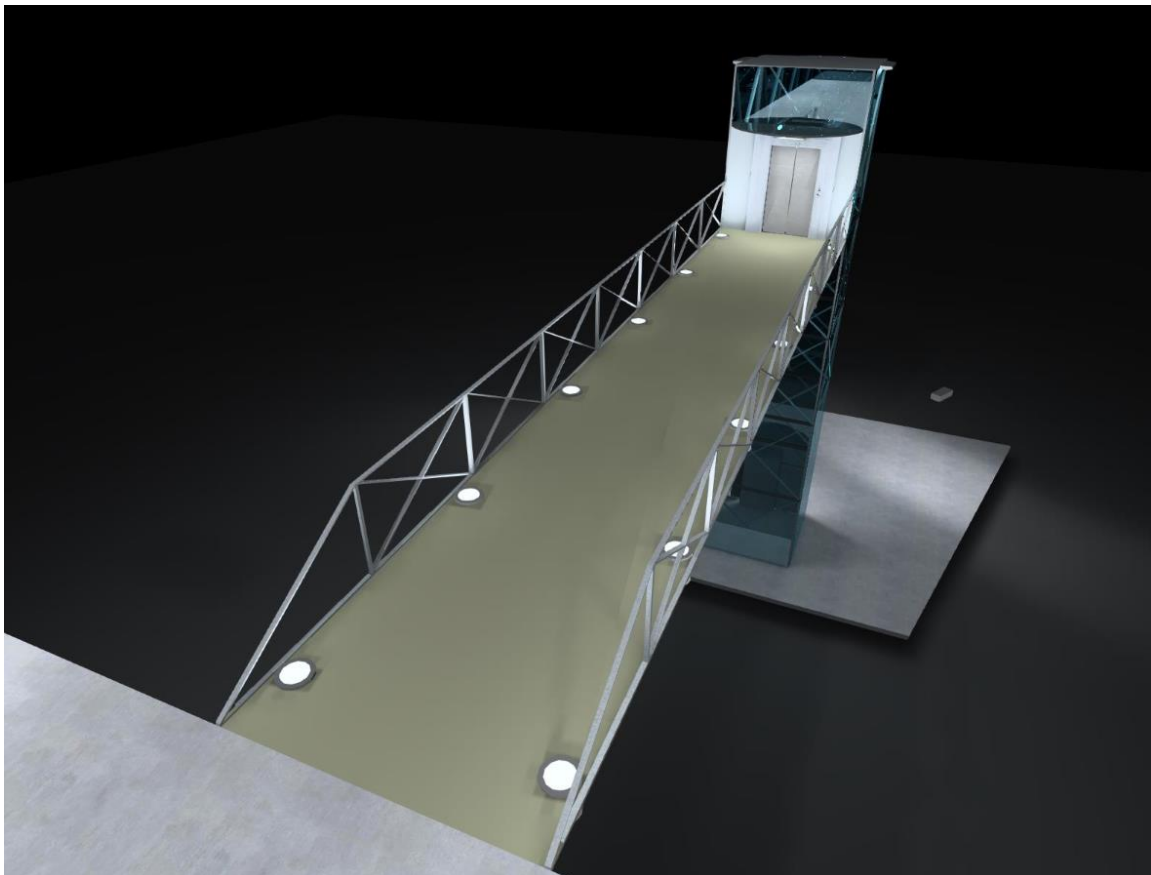
## 6.6.1 RESULTADOS

Los resultados obtenidos tras el cálculo son los que se muestran en la *Tabla 8.10*:

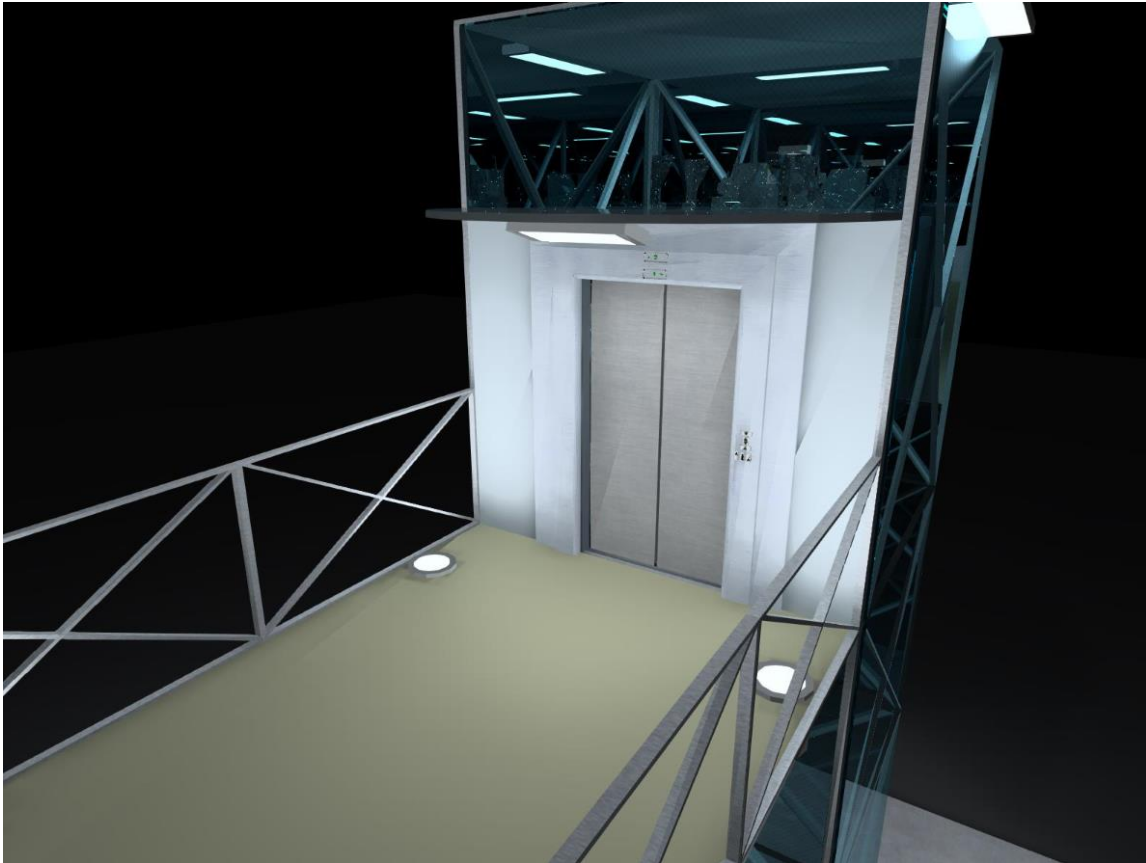
| PARÁMETRO         | VALOR  |
|-------------------|--------|
| $U_m$             | 0,654  |
| $E_{mín}$         | 34 lux |
| $E_m$             | 52 lux |
| $E_{máx}$         | 73 lux |
| $E_{mín}/E_{máx}$ | 0,466  |

*Tabla 8.55. Resultados del estudio realizado con DIALux evo 8.2. Fuente: autor*

A continuación se muestra la simulación de iluminación realizada con el programa. En la *Figura 8.5* se puede observar la iluminación general del tablero, y en la *Figura 8.6* la iluminación del acceso al ascensor en la parte superior, donde se puede observar la situación de la luminaria BGP490 T25:



*Figura 8.5. Simulación de la iluminación propuesta en el tablero. Fuente: autor*



*Figura 8.6. Detalle de la iluminación propuesta en el acceso superior al ascensor. Fuente: autor*

## 7 ILUMINACIÓN DE LOS ACCESOS

El alumbrado de los accesos resulta necesario, para asegurar la continuidad de la luz entre la zona de la pasarela y la acera. Consecuentemente se evitarían situaciones de peligrosidad en estas zonas por ausencia de visibilidad.

De este modo, la zona a iluminar serán las explanadas de acceso con los criterios y niveles de iluminación del alumbrado de las vías peatonales.

Al igual que en el apartado anterior, para determinar dichos niveles se ha considerado la Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación de Alumbrado Público.

### 7.1 CLASIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN DE PROYECTO

La clasificación de la situación de proyecto se escoge exactamente igual que en el caso del tablero. Por lo tanto, esta zona se catalogará como situación de proyecto E1, puesto que hace referencia a un espacio peatonal de conexión.

### 7.2 NIVELES DE ILUMINACIÓN

En este caso, se tomará como un tránsito normal, y en ausencia de especificación como en el caso de las pasarelas peatonales, los accesos se definirán con la clase de alumbrado S3.

| Iluminancia horizontal en el área de la calzada |                               |                                    |                             |
|---|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Clase de Alumbrado                              | Iluminancia Media $E_m$ (lux) | Iluminancia mínima $E_{min}$ (lux) | Uniformidad Media $U_m$ (%) |
| S1  | 15                            | 5                                  | 33                          |
| S2  | 10                            | 3                                  | 30                          |
| S3  | 7,5                           | 1,9                                | 25                          |
| S4  | 5                             | 1                                  | 20                          |

*\* Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio debe considerarse un factor de depreciación no mayor de 0,8 dependiendo del tipo de luminaria y grado de contaminación del aire.*

Tabla 8.56. Clases de alumbrado serie S. Fuente: Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Alumbrado Público

En la *Tabla 8.11* se definen las características de iluminancia horizontal que deben cumplir las clases de alumbrado S. En el caso que nos ocupa los parámetros son:

- Iluminancia Media  $E_m$  (lux) : 7,5

- Iluminancia mínima  $E_{\min}$  (lux): 1,9
- Uniformidad Media  $U_m$ : 0,25

## 7.3 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

A continuación, se definirán los distintos elementos que componen la instalación proyectada, es decir, las luminarias proyectadas, cableado, puesta a tierra y sistema de acondicionamiento correspondiente, todo ello, a la iluminación de los accesos.

### 7.3.1 LUMINARIAS

Para la iluminación de los accesos se ha optado por unas luminarias de la casa Philips, al igual que en el tablero. El modelo elegido es el BGP340.

Además, al igual que en el tablero, se ha colocado una luminaria BGP490 T25 para iluminar la entrada inferior al ascensor. Sus características ya han sido detalladas en el apartado anterior.

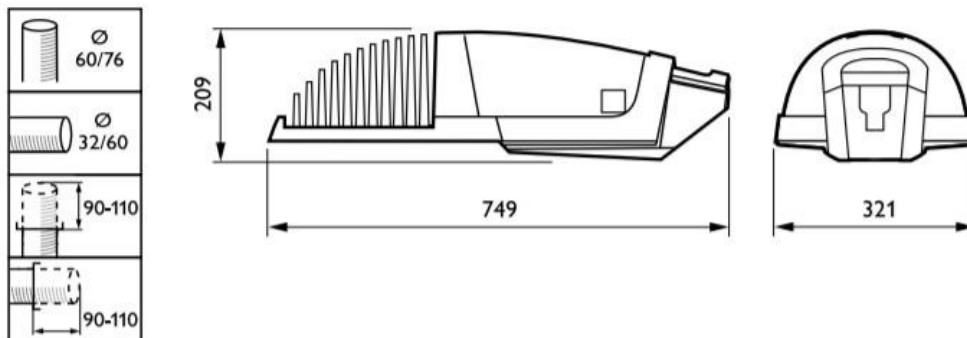
Por último, para dar un plus de luminosidad a la torre del ascensor y al acceso inferior, se han elegido unas luminarias BGP491 T25, de la misma familia que la utilizada en el tablero, pero de mayor potencia.

A continuación, se detallarán las características de los dos nuevos modelos.

#### 7.3.1.1 DIMENSIONES

En las *Figuras 8.7 y 8.8* se muestran las luminarias seleccionadas, con un detalle de sus dimensiones.

Como se puede observar, la luminaria BGP340 presenta una longitud de 749 mm, mientras su anchura es de 321 mm.



*Figura 8.7. Luminaria BGP340. Fuente: Philips*

Por otro lado, la luminaria BGP491 T25 presenta una longitud de 1344 mm, con una anchura de 310 mm.





Figura 8.8. Luminaria BGP491 T25. Fuente: Philips

### 7.3.1.2 MONTAJE

Las luminarias BGP340 se han proyectado sobre postes de 4,5 metros en el acceso inferior. En el acceso superior, las dos primeras filas irán empotradas aprovechando las fachadas de los edificios colindantes, y la fila restante irá, al igual que en el acceso inferior, sobre postes de 4,5 metros, de tal forma que su la iluminancia sea lo más uniforme posible, sin llegar a estructuras de soporte de excesiva altura.

Las zapatas de cada elemento serán según el manual de la farola de 100x100x100 cm.

Las luminarias BGP491 se han situado en la parte más alta de la torre del ascensor, colocando una en cada cara a excepción de cara de la que parte la pasarela.

### 7.3.1.3 FOTOMETRÍA

En las Figuras 8.9 y 8.10 se muestran los diagramas polares de las dos luminarias elegidas.

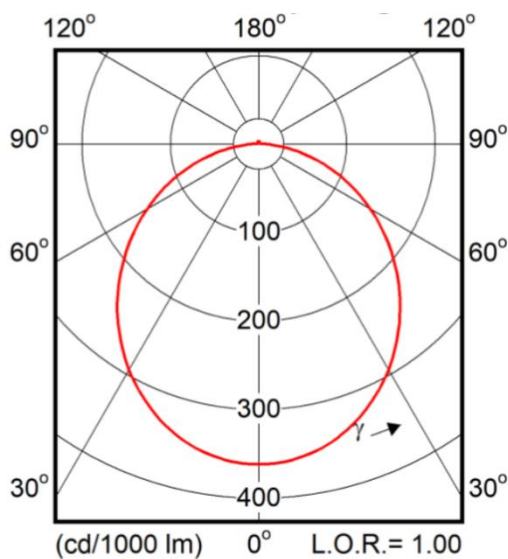


Figura 8.9. Diagrama polar BGP340. Fuente: Philips

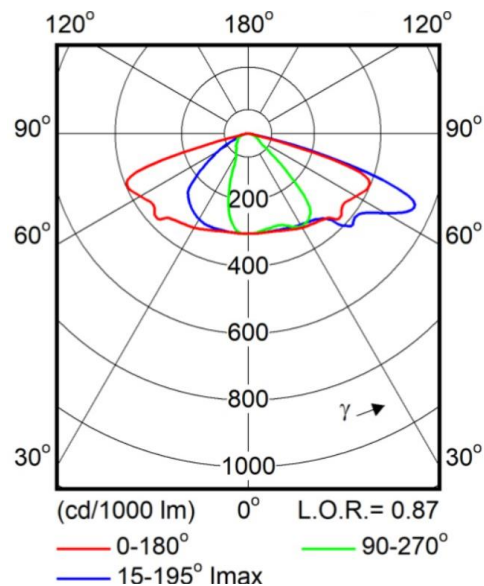


Figura 8.10. Diagrama polar BGP491 T25. Fuente: Philips

## 7.4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En la instalación eléctrica en el interior de los soportes de la luminaria, se deberán respetar los siguientes aspectos:

- Los conductores serán de cobre, de sección mínima 2,5 mm<sup>2</sup>, y de tensión asignada 0,6/1kV, como mínimo; no existirán empalmes en el interior de los soportes.
- En los puntos de entrada de los cables al interior de los soportes, los cables tendrán una protección suplementaria de material aislante mediante la prolongación del tubo u otro sistema que lo garantice.
- La conexión a los terminales estará hecha de forma que no ejerza sobre los conductores ningún esfuerzo de tracción. Para las conexiones de los conductores de la red con los del soporte, se utilizarán elementos de derivación que contendrán los bornes apropiados, en número y tipo, así como los elementos de protección necesarios para el punto de luz.
- Las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias estarán conectadas a tierra.

## 7.5 LÁMPARAS

Se colocarán dos tipos de lámparas distintos, uno para cada tipo de luminaria, y son los siguientes:

- BGP340: lámparas 1XLED42-3S/740. Potencia de entrada: 85W.
- BGP491 T25: lámpara 1XLED40/840 DTS. Potencia de entrada: 120W.

## 7.6 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN

Al igual que en el cálculo de la iluminación para el tablero, el procedimiento ha sido el siguiente:

- Elaboración de un modelo 3D de la estructura con el software *SketchUp*.
- Importación del modelo 3D en *DIALux evo 8.2*
- Una vez importado, se han dispuesto las luminarias mencionadas en su ubicación final.
- Se generan y revisan los informes emitidos por el software.

### 7.6.1 RESULTADOS

Los resultados obtenidos tras el cálculo son los que se muestran en la *Tabla 8.12*:

| PARÁMETRO           | ACCESO SUPERIOR | ACCESO INFERIOR |
|---------------------|-----------------|-----------------|
| $U_m$               | 0,447           | 0,333           |
| $E_{\min}$          | 17 lux          | 11 lux          |
| $E_m$               | 38 lux          | 33 lux          |
| $E_{\max}$          | 51 lux          | 49 lux          |
| $E_{\min}/E_{\max}$ | 0,333           | 0,224           |

Tabla 8.57. Resultados del estudio realizado con DIALux evo 8.2. Fuente: autor

A continuación, se muestra la simulación de iluminación realizada con el programa. En las Figuras 8.11 y 8.12 se puede observar la iluminación general de los dos accesos, y en la Figura 8.13 la iluminación de la torre del ascensor, pudiendo observarse la situación de las luminarias BGP491 T25:

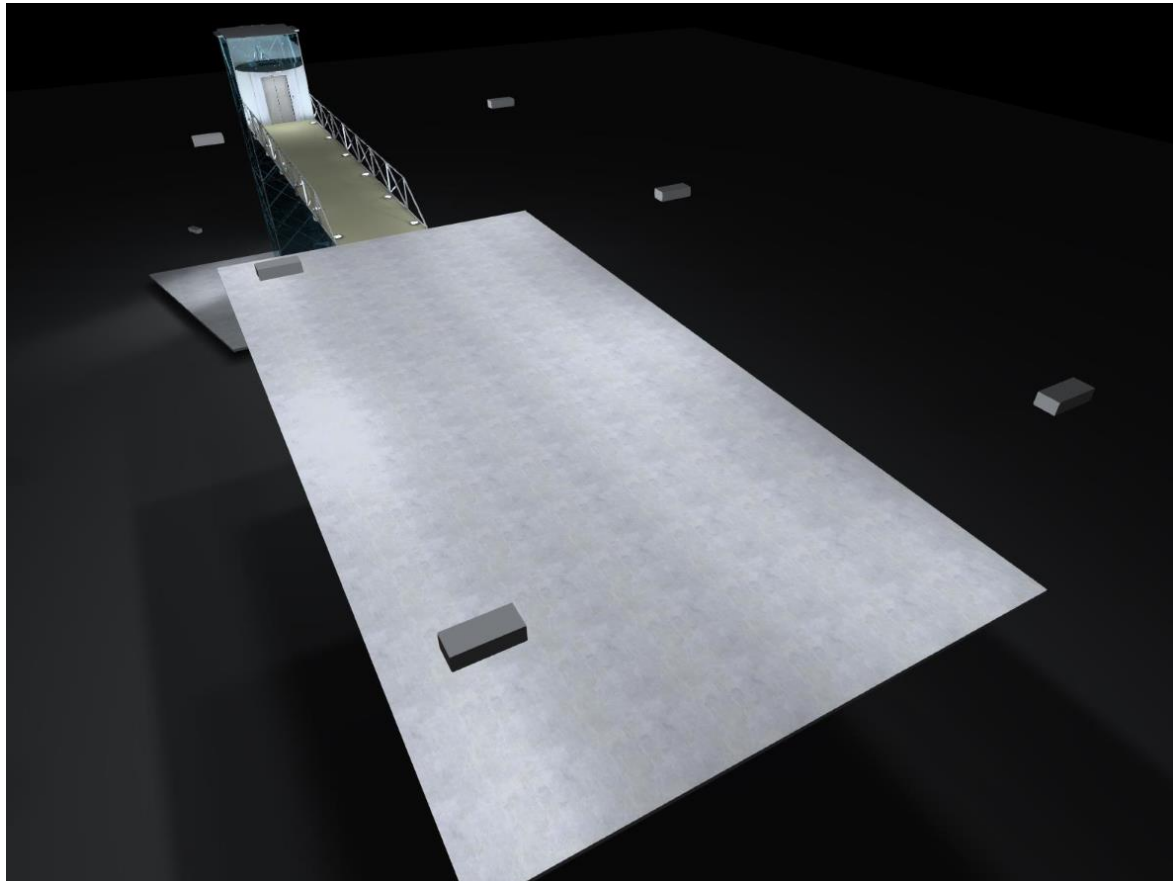


Figura 8.11. Simulación de la iluminación propuesta en el acceso superior. Fuente: autor

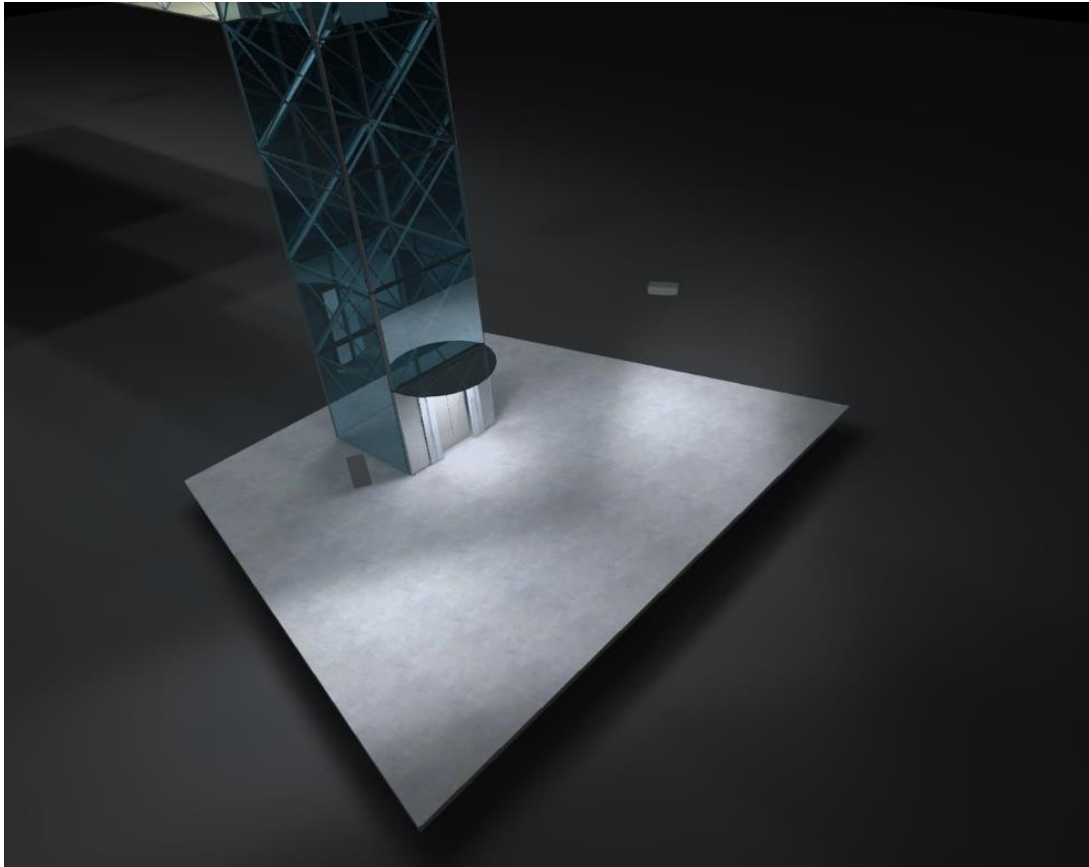


Figura 8.12. Simulación de la iluminación propuesta en el acceso inferior. Fuente: autor

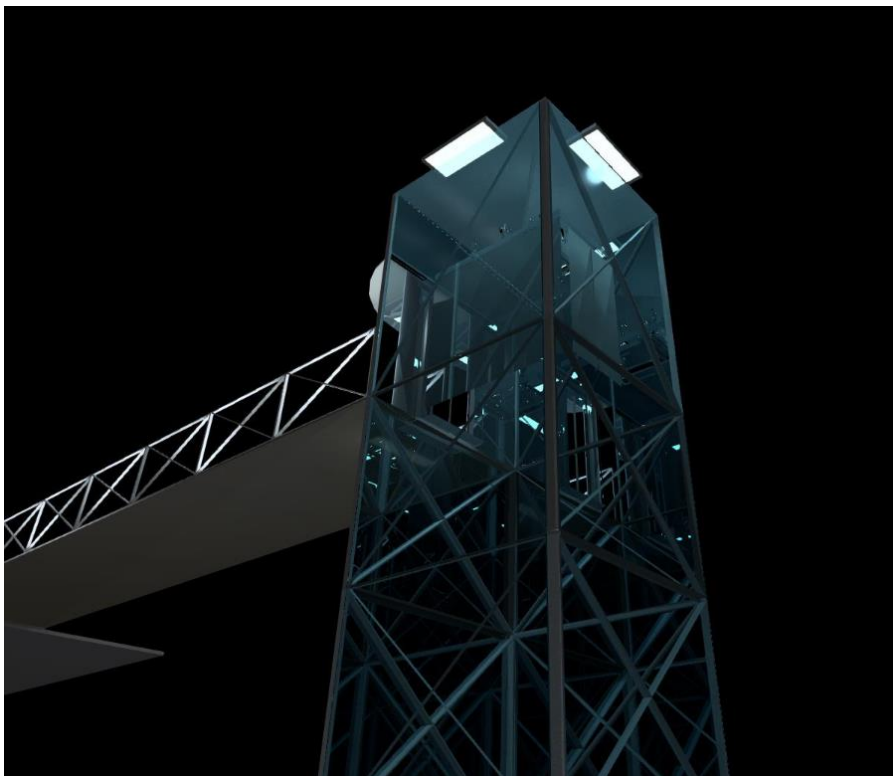


Figura 8.693. Detalle de la iluminación propuesta en la torre del ascensor. Fuente: autor

## 8 INSTALACIÓN DEL ASCENSOR

La instalación de un ascensor deberá cumplir con los aspectos mencionados en la normativa de Accesibilidad del País Vasco. Se deberán satisfacer estos requisitos:

- La cabina tendrá unas dimensiones mínimas de 1,40 m en el sentido del acceso y de 1,10 m en el sentido perpendicular.
  - Se dispondrá de pasamanos a una altura entre 0,90 m y 0,95 m, y las botoneras, tanto las interiores como las de los rellanos, se deberán colocar entre 1,00m y 1,40 m de altura respecto al suelo.
- Las botoneras deberán tener la numeración en Braille o en relieve.
- Al lado de la puerta del ascensor y en cada planta deberá figurar un número en alto relieve que identifique la planta, con una dimensión mínima de 10x10 cm y a una altura de 1,40 m desde el suelo.
- Las puertas de la cabina y del recinto serán automáticas, de una anchura mínima de 0,80 m, y delante de las cuales se podrá inscribir un círculo de 1,80 m de diámetro.
- Los pasamos de la cabina han de tener un diseño anatómico que permita adaptar la mano, con una sección igual o funcionalmente equivalente a la de un tubo de sección circular de diámetro entre 3 y 5 cm, separado, como mínimo, 4 cm de los parámetros verticales.

### 8.1 CARACTERÍSTICAS DEL ASCENSOR

El modelo de ascensor seleccionado es el Orona 3G 1010. En las *Tablas 8.13 y 8.14* se muestran sus características más importantes:

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Carga                     | 320 - 450 - 630 kg / 320 - 450 kg (monofásico)                                      |
| Capacidad                 | 4 - 6 - 8 personas / 4 - 6 personas (monofásico)                                    |
| Velocidad                 | 1 m/s / 0,6 m/s (monofásico)  |
| Recorrido máximo          | 40 m / 25 m (monofásico)  |
| Número máximo de paradas  | 16 paradas  |
| Opción sala de máquinas   | Sí (Orona 3G 1020)  |
| Embarques                 | Simple embarque / Doble embarque 180° / Doble embarque 90°                          |
| Sistema de accionamiento  | Eléctrico regulado (180 conexiones / hora)  |
| Maniobra                  | Sistema de control ARCA III, multiprocesador de bajo consumo                        |
| Tipos de puerta           | Automáticas de apertura lateral / Automáticas de apertura central                   |
| Luz de puerta             | 700 / 800 / 900 mm  |
| Altura de puerta          | 2000 / 2100 mm  |
| Dimensiones de cabina     | Dimensiones de cabina estándares  |
| Altura interior de cabina | 2100 / 2200 mm  |
| Alimentación              | Trifásica / Monofásica  |
| Estéticas disponibles     | Orona 3G Domo Packs Reference<br>Orona 3G Domo Packs Selection / Orona 3G Domo Plus |

Estándar    Opcional

Tabla 8.58. Características generales Orona 3G 1010. Fuente: Orona

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <p><b>1 MRL</b><br/>Solución sin sala de máquinas, con altura de última planta reducida (opcional).</p> <p></p>   | <p><b>2 CONJUNTO VIAJERO OPTIMIZADO</b><br/>Que permite ahorrar espacio y reducir peso, aportando seguridad, ergonomía y rapidez en los procesos de montaje.</p> <p></p>   | <p><b>3 TRÁNSITO BAJO FOSO</b><br/>Adaptable a edificios donde se requiera el paso de personas bajo foso (opcional).</p> <p></p>  | <p><b>4 COMUNICACIÓN BIDIRECCIONAL</b><br/>Entre la cabina y el Centro de Servicio 24 horas, según EN 81-28.</p> <p></p>  |
| <p><b>5 ELEMENTOS DE TRACCIÓN</b><br/>Que sustituyen a los tradicionales cables de acero. Su menor peso y una mayor vida y flexibilidad posibilitan la utilización de una máquina más compacta, con un motor más eficiente y ecológico.</p> <p></p>   | <p><b>6 ACCIONAMIENTO</b><br/>Máquina eléctrica regulada, compacta, silenciosa, sin engranajes, de alta eficiencia energética con motor de imanes permanentes.</p> <p></p> | <p><b>7 PUERTAS</b><br/>Con motor compacto de imanes permanentes, que permite movimientos de apertura y cierre rápidos, precisos y silenciosos, elevando el estándar actual de presentaciones, con apertura anticipada y/o cortina fotoeléctrica.</p> <p></p> | <p><b>8 SISTEMA DE EVACUACIÓN AUTOMÁTICA</b><br/>Aunque incorpora de serie un sistema de rescate semiautomático en planta para garantizar una evacuación rápida, segura y eficaz, opcionalmente, se ofrece un sistema de evacuación automático orientado principalmente al caso de corte de suministro eléctrico.</p> <p></p> |
| <p>  ECOEFICIENCIA              ADAPTABILIDAD AL EDIFICIO              DISEÑO Y ACCESIBILIDAD              CONTROL Y SEGURIDAD         </p> |   |  |  |

Tabla 8.59. Características generales Orona 3G 1010. Fuente: Orona

El modelo elegido cuenta con una capacidad para 8 personas, y 2 embarques a 180°. En la Figura 8.14 se pueden observar unas vistas del mismo:

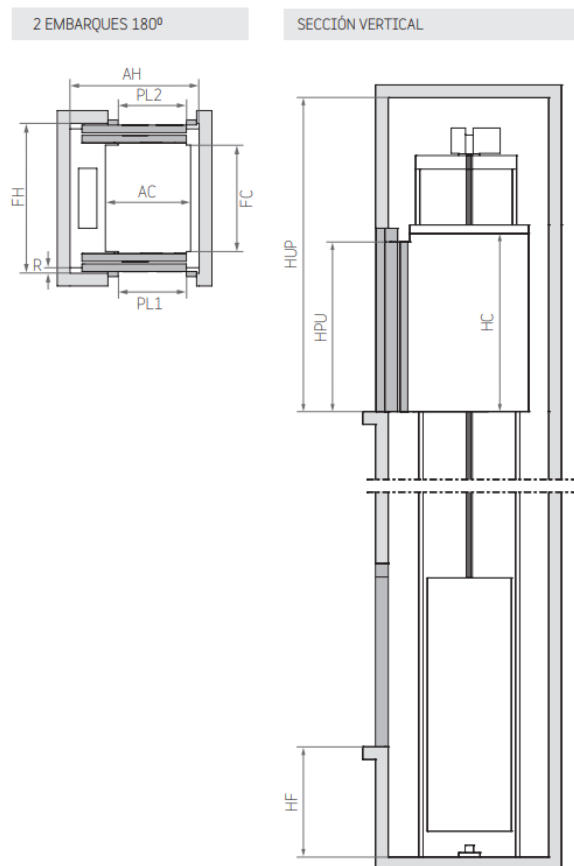


Figura 8.704. Alzado y planta del ascensor Orona 3G 1010. Fuente: Orona

Todas las dimensiones que se muestran en la figura están detalladas en la *Tabla 8.15*:

| Carga/capacidad |            | Cabina  |         |         |   | Hueco     |            |         |            |         |         |          |
|-----------------|------------|---------|---------|---------|---|-----------|------------|---------|------------|---------|---------|----------|
| Personas        | Carga (kg) | AC (mm) | FC (mm) | PL (mm) | Embarques   |           | Puertas TT |         | Puertas CC |         | HF (mm) | HUP (mm) |
|                 |            |         |         |         | Accesibilidad   | Embarques | AH (mm)    | FH (mm) | AH (mm)    | FH (mm) |         |          |
| 8               | 630        | 1100    | 1400    | 900     |  | 2x180°    | 1600       | 1800    | 2000       | 1600    | 1000    | 3400     |

*Tabla 8.60. Dimensiones del ascensor Orona 3G 1010. Fuente: Orona*

## 9 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Para realizar los cálculos de dimensionamiento de sección y caída de tensión de las diferentes partes de las que se compone el proyecto, se seguirá la ITC-BT-09.

Los apartados en los que se dividirá el cálculo son:

- Tablero
- Accesos
- Ascensor

Según la ITC-BT-09, las líneas de alimentación a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga estarán previstas para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados, a sus corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases. Como consecuencia, la potencia aparente mínima en VA, se considerará 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga.

Además, el factor de potencia de cada punto de luz deberá corregirse hasta un valor mayor o igual a 0,90. La máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la misma será menor o igual a 3%.

### 9.1 TABLERO

El tablero estará compuesto por 12 luminarias de 54W (BBP623 GC-AS) y por 1 luminaria de 21W (BBP490 T25). Por tanto, la intensidad máxima admisible será:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{(12 \cdot 54 + 1 \cdot 21) \cdot 1,8}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 1,93 \text{ A}$$

La conexión llevará 3 conductores protegidos por PVC, por lo que, para esa intensidad, la sección mínima deberá ser de 1,5 mm<sup>2</sup>. Sin embargo, por norma será de 6 mm<sup>2</sup>.

La caída de tensión será la siguiente:

$$\Delta V = \frac{50 \cdot (12 \cdot 54 + 1 \cdot 21) \cdot 1,8 \cdot 100}{56 \cdot 6 \cdot 400^2} = 0,112\% < 3\%$$

Por tanto, la instalación eléctrica del tablero cumple con la normativa teniendo en cuenta una sección de 6 mm<sup>2</sup>.

### 9.2 ACCESOS

#### 9.2.1 ACCESO SUPERIOR

En el acceso superior se situarán 6 luminarias de 85W (BGP340). Por tanto, la intensidad máxima admisible será la siguiente:



$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{6 \cdot 85 \cdot 1,8}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 1,472 \text{ A}$$

La conexión llevará 3 conductores protegidos por PVC, por lo que, para esa intensidad, la sección mínima deberá ser de 1,5 mm<sup>2</sup>. Sin embargo, por norma será de 6 mm<sup>2</sup>.

La caída de tensión será la siguiente:

$$\Delta V = \frac{55 \cdot 6 \cdot 85 \cdot 1,8 \cdot 100}{56 \cdot 6 \cdot 400^2} = 0,094\% < 3\%$$

Por tanto, la instalación eléctrica del acceso superior cumple con la normativa teniendo en cuenta una sección de 6 mm<sup>2</sup>.

### 9.2.1 ACCESO INFERIOR

En el acceso inferior se situarán 2 luminarias de 85W (BGP340) y 1 luminaria de 21W (BBP490 T25). Por tanto, la intensidad máxima admisible será:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{(2 \cdot 85 + 1 \cdot 21) \cdot 1,8}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 0,551 \text{ A}$$

La conexión llevará 3 conductores protegidos por PVC, por lo que, para esa intensidad, la sección mínima deberá ser de 1,5 mm<sup>2</sup>. Sin embargo, por norma será de 6 mm<sup>2</sup>.

La caída de tensión será la siguiente:

$$\Delta V = \frac{35 \cdot (2 \cdot 85 + 1 \cdot 21) \cdot 1,8 \cdot 100}{56 \cdot 6 \cdot 400^2} = 0,022\% < 3\%$$

Por tanto, la instalación eléctrica del acceso inferior cumple con la normativa teniendo en cuenta una sección de 6 mm<sup>2</sup>.

### 9.3 ASCENSOR

El ascensor cuenta con una potencia de 15kW, a lo que habrá que añadirle las 3 luminarias de 120W (BGP491 T25). La intensidad máxima admisible será:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{15000 + 3 \cdot 120 \cdot 1,8}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 25,096 \text{ A}$$

La conexión llevará 3 conductores protegidos por PVC, por lo que, para esa intensidad, la sección mínima deberá ser de 1,5 mm<sup>2</sup>. Sin embargo, por norma será de 6 mm<sup>2</sup>.

La caída de tensión será la siguiente:

$$\Delta V = \frac{30 \cdot (15000 + 3 \cdot 120 \cdot 1,8) \cdot 100}{56 \cdot 6 \cdot 400^2} = 0,873\% < 3\%$$

Por tanto, la instalación eléctrica del ascensor cumple con la normativa teniendo en cuenta una sección de 6 mm<sup>2</sup>.

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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA  
**ANEXO 9. MOBILIARIO URBANO**

## ÍNDICE

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>       | <b>309</b> |
| <b>2 MOBILIARIO URBANO .....</b>  | <b>310</b> |
| <b>2.1 BANCOS.....</b>            | <b>310</b> |
| <b>2.1.1 CARACTERÍSTICAS.....</b> | <b>310</b> |
| <b>2.2 BARANDILLAS .....</b>      | <b>310</b> |
| <b>2.3 PAPELERAS .....</b>        | <b>311</b> |
| <b>2.3.1 CARACTERÍSTICAS.....</b> | <b>312</b> |

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente anexo tiene como objeto complementar el proyecto equipando el espacio público con varios elementos que permitan un mayor disfrute del mismo por parte de los usuarios.

Además, se tratará de integrar la obra en el paisaje, por lo que se instalará mobiliario urbano de aspecto parecido al existente en la zona.

A continuación, se definirán los elementos elegidos, así como su ubicación final.

## 2 MOBILIARIO URBANO

El diseño del mobiliario deberá cumplir la siguiente reglamentación:

- Certificación ISO 14001
- Norma UNE-EN ISO 9001

### 2.1 BANCOS

Se colocarán cuatro bancos en total. Dos en la parte superior, distribuidos a lo largo de la pasarela, y otros dos en la explanada de acceso inferior.

El modelo elegido es “MB076 Banco CIEZA”, de Manufacturas Deportivas S.L.



Figura 9.71. Banco Cieza MB076. Fuente: Manufacturas Deportivas S.L.

#### 2.1.1 CARACTERÍSTICAS

La ficha técnica especifica las siguientes características:

- Dimensiones: 1.8 x 0.64 x 0.84 m.
- Peso: 67 kg.
- Fundición acabada en oxirón negro y madera tropical. Redonda, abatible, doble pie y sistema de bloqueo.

### 2.2 BARANDILLAS

Se colocarán barandillas con pasamanos cubriendo los bordes exteriores de la explanada de acceso superior, por razones de seguridad urbana.

El modelo elegido es “MC030 Barandilla BRISA”, de Manufacturas Deportivas S.L.

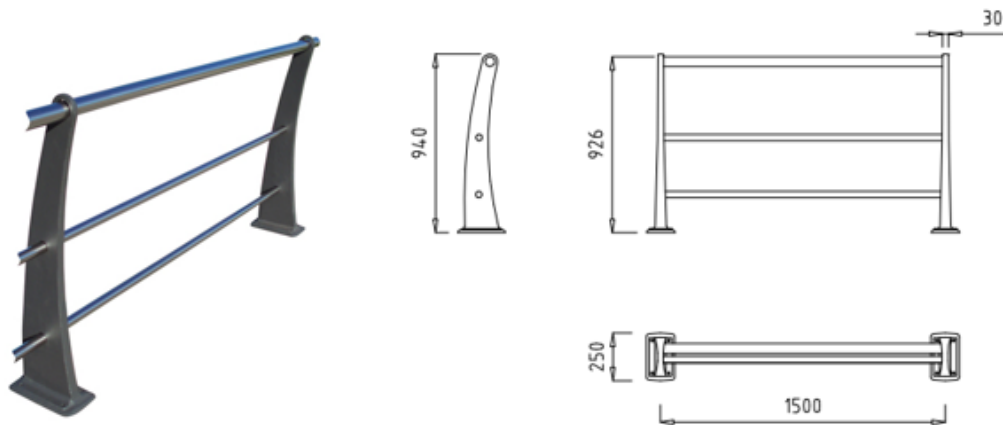


Figura 9.72. Barandilla BRISA MC030. Fuente: Manufacturas Deportivas S.L.

Según dicta el CTE en el Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad:

- Las barreras de protección tendrán, como mínimo, una altura de 900 mm cuando la diferencia de cota que protegen no exceda de 6 m y de 1100 mm en el resto de los casos.

Será necesario alzarla para cumplir la legislación. Dicho alzamiento se llevará a cabo formando un pequeño murete de hormigón de 20 cm.

En cuanto a la pasarela, se colocará doble pasamanos, a 75 y a 90 cm. Se ha elegido de aluminio pulido 2M.



Figura 9.73. Pasamanos para la pasarela. Fuente: Leroy Merlin

## 2.3 PAPELERAS

Se colocará una papelera en el acceso superior, próxima a la entrada del ascensor, y otra junto a la entrada inferior.

El modelo elegido es “MP039 Papelera abatible”, de Manufacturas Deportivas S.L.

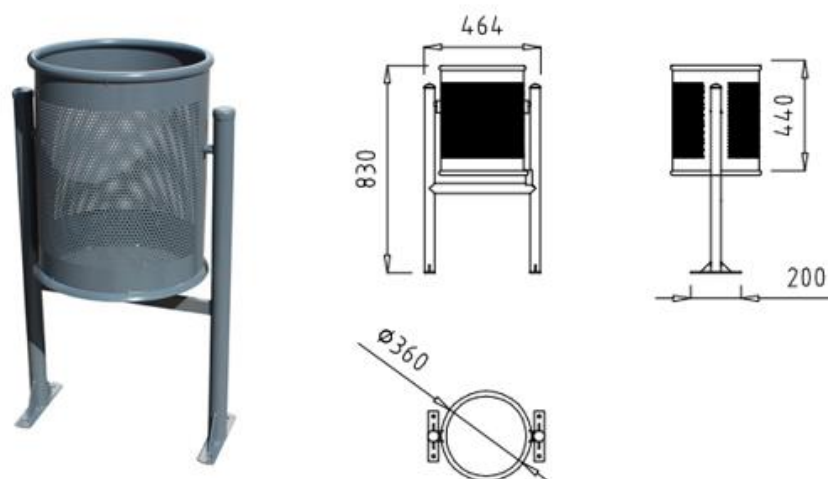


Figura 9.74. Papelera abatible MP039. Fuente: Manufacturas Deportivas S.L.

### 2.3.1 CARACTERÍSTICAS

La ficha técnica especifica la siguientes características:

- Dimensiones: 46.4 x 36 x 83 cm.
- Capacidad: 50 litros.
- Peso: 9 kg.
- Chapa perforada y tubo de acero galvanizado acabado pintura al polvo.
- Redonda, abatible, doble pie y sistema de bloqueo.



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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA  
**ANEXO 10. GESTIÓN DE  
RESIDUOS**

## ÍNDICE

|   |            |
|---|------------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN Y NORMATIVA</b> .....   | <b>315</b> |
| <b>2 OBJETO Y FINES</b> .....   | <b>317</b> |
| <b>3 DEFINICIONES</b> .....   | <b>318</b> |
| <b>3 ÁMBITO DE APLICACIÓN</b> .....   | <b>320</b> |
| <b>4 OBLIGACIONES DE LAS PERSONAS PRODUCTORAS DE RESIDUOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PROCEDENTES DE OBRA MAYOR</b> .....   | <b>321</b> |
| <b>5 FIANZA</b> .....   | <b>323</b> |
| <b>6 ACREDITACIÓN DE LA CORRECTA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS Y DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PROCEDENTES DE OBRA MAYOR</b> .....          | <b>324</b> |
| <b>7 OBLIGACIONES DE LAS PERSONAS POSEEDORAS DE RESIDUOS Y DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PROCEDENTES DE OBRA MAYOR</b> ..... | <b>325</b> |
| <b>8 SEGREGACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PROCEDENTES DE OBRA MAYOR</b> .....   | <b>327</b> |
| <b>9 OBLIGACIONES DE LAS PERSONAS GESTORAS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN</b> .....   | <b>328</b> |
| <b>10 ACTIVIDADES DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN</b> .....  | <b>329</b> |
| <b>11 CONTENIDO MÍNIMO DEL ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS</b> .....   | <b>330</b> |
| <b>12 ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS</b> .....  | <b>331</b> |
| <b>12.1 ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS</b> .....  | <b>331</b> |
| <b>12.2 MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS</b> .....   | <b>332</b> |
| <b>12.2.1 MEDIDAS DE CARÁCTER GENERAL</b> .....   | <b>332</b> |
| <b>12.2.2 MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA LA PREVENCIÓN DE RCD</b> .....   | <b>332</b> |
| <b>12.3 MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS EN OBRA</b> .....  | <b>334</b> |
| <b>12.4 ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS</b> .....  | <b>335</b> |
| <b>12.5 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES PREVISTAS</b> .....  | <b>336</b> |
| <b>12.6 PRESCRIPCIONES TÉCNICAS</b> .....   | <b>336</b> |
| <b>12.7 COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS</b> .....  | <b>337</b> |

## 1 INTRODUCCIÓN Y NORMATIVA

El presente anexo se ha realizado en base al DECRETO 112/2012, de 26 de junio, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

El Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, tiene por objeto establecer el régimen jurídico de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, con el fin de fomentar, por este orden, su prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valorización, asegurando que los destinados a operaciones de eliminación, reciban un tratamiento adecuado, y de este modo contribuir a un desarrollo sostenible de la actividad de construcción.

El Real Decreto aprobado, que tiene carácter básico, regula en su articulado, entre otras cuestiones, las obligaciones que corresponden a todas las personas físicas o jurídicas que participan en la gestión de residuos de construcción y demolición además de las actuaciones que, en aras a garantizar los objetivos de la norma, deben llevar a cabo las administraciones públicas competentes.

En este sentido el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, establece que determinados aspectos de la materia deben ser regulados por la legislación específica que se apruebe por las Comunidades Autónomas. Así ocurre, por ejemplo, con la posibilidad de exigir la constitución de una fianza que permita garantizar el cumplimiento de las obligaciones que impone la norma o la regulación de las actividades de valorización y eliminación de los residuos de construcción y demolición.

Por su parte, la Ley 3/1998, de 27 de febrero, General de Protección del Medio Ambiente del País Vasco, establece, en su artículo 71 que la Comunidad Autónoma del País Vasco, reglamentariamente, podrá establecer regímenes de autorización específicos para las distintas actividades de producción y/o gestión de residuos.

En consecuencia, el Decreto norma todos aquellos aspectos cuya regulación el Real Decreto delega en las Comunidades Autónomas junto con aquellos otros que faciliten el cumplimiento de los objetivos sobre valorización de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad Autónoma del País Vasco.

El Decreto tiene por objeto establecer el régimen jurídico de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición en el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco, contribuyendo, entre otros aspectos, al desarrollo de la edificación sostenible que, sin menoscabo de la calidad y funcionalidad de los edificios, previene de forma significativa la generación de los residuos de construcción y demolición.

A fin de alcanzar los fines señalados en el Decreto se establecen los requisitos que deberán cumplir las personas productoras y las poseedoras de residuos y materiales de construcción y demolición procedentes de obra mayor. Entre las obligaciones que se imponen a la persona productora destaca la obligación de incluir en el proyecto de la obra un estudio de gestión de los residuos de construcción y demolición.

Las personas poseedoras, por su parte, estarán obligadas a presentar un plan que recoja los distintos aspectos del estudio de gestión de residuos así como la determinación de la persona responsable de su correcta ejecución.

Se regula la obligación de constituir, por parte de la persona productora, una fianza como mecanismo de control vinculado a la obtención de la licencia de obras, con el fin de garantizar la adecuada gestión de los residuos de construcción y demolición procedentes de obra mayor.

## 2 OBJETO Y FINES

El presente Decreto tiene por objeto establecer el régimen jurídico de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición en el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco con el objetivo de alcanzar los fines que se señalan a continuación:

- Fomentar, en condiciones ambientalmente seguras, la reutilización de materiales de construcción y demolición.
- Fomentar, por este orden, la prevención, el reciclado y otras formas de valorización de los residuos de construcción y demolición en condiciones ambientalmente seguras.
- Minimizar la eliminación de los residuos de construcción y demolición.
- Asegurar la correcta eliminación de los residuos de construcción y demolición.
- Contribuir al desarrollo de la edificación sostenible sin menoscabo de la calidad y funcionalidad de los edificios.

### 3 DEFINICIONES

Además de las definiciones contempladas en la normativa básica en materia de residuos, se entenderá por:

- a) Obra de construcción o demolición: la actividad consistente en:
  1. La construcción, rehabilitación, reparación, reforma o demolición de un bien inmueble, tal como un edificio, carretera, puerto, aeropuerto, ferrocarril, canal, presa, instalación deportiva o de ocio, así como cualquier otro análogo de ingeniería civil.
  2. La realización de trabajos que modifiquen la forma o sustancia del terreno o del subsuelo, tales como excavaciones, inyecciones, urbanizaciones u otros análogos, con exclusión de aquellas actividades a las que sea de aplicación la Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo, sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas.
- b) Obra menor: obra de construcción o demolición en un domicilio particular, comercio, oficina o inmueble del sector servicios, de sencilla técnica y escasa entidad constructiva y económica, que no suponga alteración del volumen, del uso, de las instalaciones de uso común o del número de viviendas y locales, y que no precisa de proyecto firmado por personas profesionales tituladas.
- c) Obra mayor: aquella obra de construcción o demolición no incluida en la definición del apartado anterior.
- d) Edificios o instalaciones potencialmente contaminados: aquellos edificios o instalaciones en los cuales se ha desarrollado alguna actividad potencialmente contaminante del suelo de acuerdo con lo que entiende por tal la normativa sobre suelos contaminados. Los emplazamientos que soporten dichos edificios podrán estar o no incluidos en el inventario de suelos de la Comunidad Autónoma del País Vasco que soportan o han soportado actividades o instalaciones potencialmente contaminantes del suelo.
- e) Residuos de construcción y demolición: cualquier sustancia u objeto que cumpliendo con la definición de «residuo» incluida en la normativa reguladora de los residuos se genera en una obra de construcción y demolición.
- f) Materiales de construcción y demolición: cualquier sustancia u objeto que no siendo un residuo se genera en una obra de construcción o demolición y se utiliza sin transformaciones ulteriores más allá de la práctica profesional normal.
- g) Persona productora de residuos de construcción y demolición:
  1. La persona física o jurídica titular de la licencia urbanística en una obra de construcción o demolición; en aquellas obras que no precisen de licencia urbanística, tendrá la consideración de persona productora del residuo la persona física o jurídica titular del inmueble objeto de una obra de construcción o demolición.

2. La persona física o jurídica titular que efectúe operaciones de tratamiento, de mezcla o de otro tipo, que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de los residuos.
  3. La persona importadora o adquiriente en cualquier estado miembro de la Unión Europea de residuos de construcción y demolición.
- h) Persona poseedora de residuos de construcción y demolición: la persona física o jurídica que tenga en su poder los residuos de construcción y demolición y que no ostente la condición de persona gestora de residuos. En todo caso, tendrá la consideración de persona poseedora la persona física o jurídica que ejecute la obra de construcción o demolición, tales como la o el constructor, subcontratistas o trabajadoras y trabajadores autónomos. En todo caso no tendrán la consideración de persona poseedora de residuos de construcción y demolición quienes trabajen por cuenta ajena.
- i) Planta móvil: aquella instalación que se monta o traslada para acercarse al residuo que se pretende tratar y no tiene carácter de permanencia en el lugar, puesto que se encuentra vinculada a una obra concreta.
- j) Punto limpio de competencia local: instalaciones de titularidad pública local en las que se depositan, segregan y almacenan determinados residuos domésticos para su posterior traslado a plantas de tratamiento a fin de garantizar su correcta gestión, optimizando la valorización. Responden también a este concepto denominaciones tales como garbigune o deposito alternativo de residuos (DAR) utilizadas en el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

### 3 ÁMBITO DE APLICACIÓN

1. El presente Decreto es de aplicación a los residuos y a los materiales de construcción y demolición que se encuentran definidos en el artículo anterior.
2. Este Decreto no será de aplicación a los residuos resultantes de la prospección, de la extracción, del tratamiento o del almacenamiento de recursos minerales, así como de la explotación de canteras cubiertos por el Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras, en los aspectos ya regulados por otra norma comunitaria o nacional que incorpore a nuestro ordenamiento normas comunitarias.
3. Sin perjuicio de las obligaciones impuestas en virtud de la normativa específica aplicable, se excluirán del ámbito de aplicación de esta norma los sedimentos reubicados en el interior de las aguas superficiales a efectos de gestión de las aguas y de las vías navegables, de prevención de las inundaciones o de mitigación de los efectos de las inundaciones y de las sequías, o de creación de nuevas superficies de terreno, si se demuestra que dichos sedimentos son no peligrosos.
4. La gestión de tierras y rocas procedentes de una obra de construcción o demolición en un relleno se regulará por lo dispuesto en la normativa de la Comunidad Autónoma del País Vasco por la que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero y la ejecución de los rellenos.



## **4 OBLIGACIONES DE LAS PERSONAS PRODUCTORAS DE RESIDUOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PROCEDENTES DE OBRA MAYOR**

Además de los requisitos exigidos por la legislación sobre residuos, las personas productoras de residuos de construcción y demolición procedentes de una obra calificada como «obra mayor» por este Decreto, deberán cumplir con las siguientes obligaciones:

En el caso de obras sometidas a licencia urbanística:

- a) Incluir en los proyectos básico y de ejecución de la obra un estudio de gestión de residuos y materiales de construcción y demolición, que tendrá el contenido mínimo que en cada caso se señala en el anexo I del Decreto. Dicho estudio junto con el proyecto básico o de ejecución de la obra, acompañará a la solicitud de licencia urbanística que se presente por la persona productora de los residuos ante el Ayuntamiento del término municipal en el cual vaya a ser realizada dicha obra.

El estudio de gestión de residuos deberá estar firmado por una persona profesional competente y visado por el Colegio profesional correspondiente.

- b) En el caso de que la actuación que genere los residuos conlleve la demolición de un edificio o instalación que haya soportado una actividad potencialmente contaminante del suelo de conformidad con lo dispuesto en la normativa sobre suelos contaminados, deberá presentarse un estudio adicional con el contenido que se establece en el anexo II del Decreto. Este estudio lo podrán elaborar las entidades acreditadas de conformidad con lo dispuesto en la normativa de prevención y corrección de la contaminación del suelo.

Esto ocurre en el presente anexo, si bien, como se explica en la memoria del mismo, las labores de descontaminación corren a cargo de la administración pública, encontrándose el terreno en el momento de iniciar las obras, totalmente descontaminado.

- c) Disponer de la documentación que acredite que los residuos de construcción y demolición producidos en sus obras han sido gestionados en los términos recogidos en el Decreto y, en particular, en el estudio de gestión de residuos. La documentación correspondiente a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.
- d) Constituir, en los términos previstos en este Decreto, la fianza que asegure el cumplimiento de los requisitos establecidos en relación con los residuos de construcción y demolición de la obra.
- e) Presentar ante el Ayuntamiento el informe final de la gestión de residuos y materiales de construcción y demolición con el contenido y alcance que se señala en el artículo 6 y en el anexo III del Decreto.

- f) En su caso, hacer constar en el Libro del Edificio los materiales secundarios obtenidos mediante la valorización de residuos que hayan sido utilizados en la obra, especificando sus cantidades.

## 5 FIANZA

1. Los Ayuntamientos exigirán la constitución de una fianza para garantizar la adecuada gestión de los residuos de construcción y demolición procedentes de obra mayor como condición para la obtención de las licencias urbanísticas que otorguen.
2. El cálculo del importe de la fianza estará basado en el coste de la gestión de residuos de construcción y demolición y representará el 120% de dicho coste.

El cálculo del importe de la fianza representará el 60% del coste de la gestión de los residuos en el supuesto de que en la ejecución de la obra se utilicen materiales que generen menos residuos o se trate de supuestos de edificación sostenible. A fin de comprobar estos extremos se analizarán las características del proyecto que permitan comprobar que los datos del estudio de gestión de residuos son adecuados.

3. La fianza, que podrá constituirse en efectivo, en valores de deuda pública, mediante aval, mediante contrato de seguro de caución o cualquier otra forma válida en derecho, se pondrá a disposición del órgano municipal encargado de la concesión de la licencia urbanística.
4. La devolución de la fianza sólo se producirá previa solicitud de la persona obligada y tras la acreditación documental de la correcta gestión de los residuos generados en la obra de acuerdo con lo que se establece en el artículo siguiente. En caso de no acreditarse la adecuada gestión de los residuos, y sin perjuicio de la aplicación del régimen sancionador previsto en la normativa de Residuos, la entidad depositaria de la fianza, podrá ejecutar subsidiariamente las actuaciones necesarias para la correcta gestión de los mismos y, si ello no fuera posible, destinar el importe de la fianza a la realización de actuaciones de mejora ambiental en el municipio.
5. Quienes estén inscritos en el Registro de organizaciones adheridas al Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría Medioambientales, EMAS, estarán exentos de prestar la fianza exigida conforme a este artículo.

## **6 ACREDITACIÓN DE LA CORRECTA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS Y DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PROCEDENTES DE OBRA MAYOR**

A fin de acreditar la correcta gestión de los residuos generados en la obra mayor la persona productora de los residuos y de los materiales de construcción deberá aportar un informe firmado por la dirección facultativa de la obra, que deberá elaborarse de acuerdo con el modelo que se especifica en el anexo III del Decreto, y que deberá ser verificado por una entidad independiente acreditada por el órgano ambiental, sin perjuicio de lo que se establece en la Disposición Transitoria Única.

Las organizaciones que se encuentren inscritas en el Registro de organizaciones adheridas al Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría Medioambientales, EMAS, estarán exentas de la verificación externa señalada en el apartado anterior.

En el caso de que la actuación que genere los residuos conlleve la demolición de un edificio que haya soportado una actividad potencialmente contaminante del suelo de conformidad con lo dispuesto en la normativa sobre suelos contaminados, el informe final señalado en el apartado anterior podrá ser elaborado por las entidades acreditadas de conformidad con lo dispuesto en la normativa de suelos contaminados.

En estos casos, el Ayuntamiento al cual se haya solicitado la licencia recabará del órgano ambiental de la Comunidad Autónoma la emisión de un informe en el que evalúe la suficiencia del informe final. El citado informe deberá ser emitido en el plazo máximo de un mes, entendiéndose que el mismo es favorable si transcurriera dicho plazo sin haberse emitido.

El informe final al que hace referencia en los apartados anteriores deberá estar acompañado de la siguiente documentación:

- a) Cuando las tierras y rocas no contaminadas se hayan destinado a la ejecución de un relleno, deberá presentarse copia de la licencia del Ayuntamiento correspondiente autorizándolo o copia de la autorización del órgano competente en el caso de las obras de infraestructura lineales de acuerdo con lo dispuesto en la normativa de la Comunidad Autónoma del País Vasco por la que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero y la ejecución de los rellenos.
- b) Los certificados acreditativos de la correcta gestión de los residuos emitidos por las personas gestoras autorizadas a tal efecto o por las personas titulares de los rellenos autorizadas a las que se hayan destinado las tierras y rocas no contaminadas.
- c) Declaración jurada de la cantidad y uso de los residuos valorizados y de los materiales de construcción y demolición utilizados in situ.

## **7 OBLIGACIONES DE LAS PERSONAS POSEEDORAS DE RESIDUOS Y DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PROCEDENTES DE OBRA MAYOR**

Además de las obligaciones previstas en la normativa del Estado sobre residuos de construcción y demolición, la persona física o jurídica que ejecute la obra de construcción o demolición estará obligada a presentar a la propiedad de la misma un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos y materiales de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra.

El plan detallará los distintos aspectos del estudio de gestión de residuos y definirá la persona responsable de su correcta ejecución. Una vez aprobado por la dirección facultativa y aceptado por la propiedad, el plan pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

La persona poseedora de los residuos y materiales de construcción y demolición, cuando no proceda a utilizarlos in situ o a gestionarlos mediante valorización en la misma obra, estará obligada a entregarlos a una persona gestora de residuos para que se destinen preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización o a participar en un acuerdo voluntario sectorial.

La entrega de los residuos de construcción y demolición a una persona gestora por parte de la persona poseedora habrá de constar en un documento fehaciente en el que figure, al menos, la identificación de la persona poseedora y de la persona productora, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad de residuos expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, el tipo de residuos entregados codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, o norma que la sustituya, y la identificación de la persona gestora de las operaciones de destino.

La persona poseedora de los residuos estará obligada, mientras se encuentren en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación. A tal fin dispondrá de un parque de acopios con contenedores o envases debidamente acondicionados que deberán permanecer cerrados o cubiertos al menos fuera del horario de trabajo.

La persona poseedora de los residuos de construcción y demolición estará obligada a sufragar los correspondientes costes de gestión y a entregar a la persona productora los certificados y demás documentación acreditativa de la gestión de los residuos a que se hace referencia en el artículo 6, así como a mantener la documentación correspondiente a cada año natural durante los cinco años siguientes.

Las personas poseedoras de residuos de construcción y demolición dispondrán de un archivo físico o telemático, donde se recojan por orden cronológico la cantidad, naturaleza, origen,

destino y método de tratamiento de los residuos generados en las obras que ejecuten. Cuando proceda se inscribirá también el medio de transporte y la frecuencia de recogida.

En el archivo cronológico se incorporará la información contenida en la acreditación documental de las operaciones de producción y gestión de residuos.

Se guardará la información archivada durante, al menos, 3 años.

## **8 SEGREGACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PROCEDENTES DE OBRA MAYOR**

Los residuos de construcción y demolición procedentes de obra mayor deberán separarse en las siguientes fracciones cuando de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades, de acuerdo con la codificación de la lista europea de residuos:

- a) Hormigón (LER 170101): 10 t.
- b) Ladrillos (LER 170102), tejas y materiales cerámicos (LER 170103): 10 t.
- c) Metal (LER 1704, seleccionando los dos últimos dígitos en función del metal de que se trate): en todos los casos.
- d) Madera (LER 170201): en todos los casos.
- e) Vidrio (LER 170202): 0,25 t.
- f) Plástico (LER 170203): en todos los casos.
- g) Papel y cartón (LER 200101): 0,25 t.
- h) Yeso de falsos techos, molduras y paneles (LER 170802): en todos los casos.

Los residuos que tengan la consideración de peligrosos (tales como amianto, PCBs o alquitranes de hulla), deberán ser segregados del resto de residuos para proceder a su correcto tratamiento por una persona gestora autorizada de residuos peligrosos.

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por la persona poseedora de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra en que se produzcan. Cuando por falta de espacio físico o por razones de seguridad no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, la persona poseedora deberá encomendar la separación de fracciones a una persona gestora de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, la persona poseedora deberá obtener de la persona gestora de la instalación documentación acreditativa de que ésta ha cumplido, en su nombre, con esta obligación.

## 9 OBLIGACIONES DE LAS PERSONAS GESTORAS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Sin perjuicio de las obligaciones recogidas en la legislación sobre residuos, las personas gestoras de residuos de construcción y demolición deberán cumplir lo siguiente:

- a) Los gestores de residuos de construcción y demolición dispondrán de un archivo, donde se recojan por orden cronológico la cantidad, naturaleza, origen, destino y método de tratamiento de los residuos generados en las obras que ejecuten. Cuando proceda se inscribirá también el medio de transporte y la frecuencia de recogida.

En el archivo cronológico se incorporará la información contenida en la acreditación documental de las operaciones de producción y gestión de residuos.

Se guardará la información archivada durante, al menos, 3 años.

- b) Enviar anualmente al órgano ambiental de la Comunidad Autónoma, y en el caso de los residuos de competencia municipal además a las Entidades Locales competentes, una memoria resumen de la información contenida en el archivo cronológico. Dicha memoria deberá contener, al menos, la identificación de la empresa, las cantidades y las características de los residuos gestionados, su procedencia, los tratamientos efectuados y el destino posterior así como las incidencias relevantes acaecidas en el año inmediatamente anterior.
- c) Extender a la persona poseedora o a la gestora que le entregue residuos de construcción y demolición los certificados acreditativos de la gestión de los residuos recibidos, especificando la persona productora y, en su caso, el número de licencia de la obra de procedencia. Cuando se trate de una persona gestora que lleve a cabo una operación exclusivamente de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, deberá además transmitir a la persona poseedora o a la persona gestora que le entregó los residuos, los certificados de la operación de valorización o de eliminación subsiguiente a que fueron destinados los residuos.
- d) En el supuesto de que carezca de autorización para gestionar residuos peligrosos, deberá disponer de un procedimiento de admisión de residuos en la instalación que asegure que, previamente al proceso de tratamiento se almacenarán adecuadamente y derivarán a las personas gestoras autorizadas de residuos peligrosos aquellos que tengan este carácter y puedan llegar a la instalación mezclados con residuos no peligrosos de construcción y demolición. En este caso deberá comunicarse al órgano ambiental de la Comunidad Autónoma el origen, la cantidad y la tipología de los residuos peligrosos. Esta obligación se entenderá sin perjuicio de las responsabilidades en que pueda incurrir la persona productora, la persona poseedora o, en su caso, la persona gestora precedente que haya enviado dichos residuos a la instalación.



## **10 ACTIVIDADES DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN**

El desarrollo de actividades de valorización de residuos de construcción y demolición, con independencia de que las mismas se lleven a cabo en plantas fijas o móviles, requerirá autorización previa del órgano ambiental de la Comunidad Autónoma, en los términos establecidos por la normativa de residuos.

La autorización podrá ser otorgada para una o varias de las operaciones que se vayan a realizar, y sin perjuicio de las autorizaciones o licencias exigidas por cualquier otra normativa aplicable a la actividad. Se otorgará por un plazo de 8 años y será susceptible de prórrogas automáticas y sucesivas.

La autorización sólo se concederá previa inspección de las instalaciones en las que vaya a desarrollarse la actividad y comprobación de la cualificación de las personas técnicas responsables de su dirección y de que se garantiza la adecuada formación profesional del personal encargado de su explotación.

Los áridos reciclados y los materiales de construcción obtenidos como producto de una operación de valorización de residuos de construcción y demolición deberán cumplir los requisitos técnicos y legales para el uso a que se destinen, de conformidad con lo que se establezca en la orden que se apruebe en virtud de lo dispuesto en el la Disposición Adicional segunda de este Decreto.

## 11 CONTENIDO MÍNIMO DEL ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

Según el ANEXO I del Decreto 112/2012, el contenido mínimo del estudio será:

- a) 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.
- b) Las medidas para la prevención de residuos en la obra objeto del proyecto.
- c) Las operaciones de valorización o eliminación a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.
- d) Las medidas para la separación de los residuos en obra.
- e) 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. Así mismo se presentará plano de su emplazamiento dentro de la obra, los criterios utilizados para justificar dicho emplazamiento y las condiciones que deben satisfacerse obligatoriamente en caso de que se pretenda modificar su emplazamiento durante el transcurso de la obra. Cualquier modificación tanto de dichas instalaciones como de su emplazamiento requerirá autorización expresa de la dirección facultativa de la obra.
- f) Las prescripciones del pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra.
- g) Una valoración del coste previsto de la gestión de los residuos de construcción y demolición que formará parte del presupuesto del proyecto en capítulo independiente.
- h) Un inventario de los residuos peligrosos que se generarán.
- i) En obras de demolición de edificios o instalaciones potencialmente contaminados deberá elaborarse un estudio adicional con el contenido que se establece en el anexo II a este Decreto.

## 12 ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

### 12.1 ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS

El Decreto 112/2012, en su ANEXO I, incluye una serie de tablas con ratios para hallar la cantidad de residuos y materiales de construcción que se generarán en la obra.

Para obras de urbanización, el ratio global de generación se establece en 0,01875 t/m<sup>2</sup> construido.

En la *Tabla 10.1* se indica la generación estimada para cada tipo de residuo.

| LER    | DESCRIPCIÓN                                 | %      | MASA (t) | DENSIDAD (t/m <sup>3</sup> ) | VOLUMEN (m <sup>3</sup> ) |
|--------|---|--------|----------|------------------------------|---------------------------|
| 170101 | Hormigón                                    | 28,03  | 17,420   | 2,40                         | 7,260                     |
| 170103 | Cerámicos                                   | 0,19   | 0,120    | 1,25                         | 0,096                     |
| 170201 | Madera                                      | 0,14   | 0,090    | 1,10                         | 0,081                     |
| 170203 | Plásticos                                   | 0,02   | 0,010    | 0,60                         | 0,017                     |
| 170407 | Metales mezclados                           | 1,85   | 1,15     | 1,50                         | 0,767                     |
| 170504 | Tierras y rocas no contaminadas             | 69,58  | 43,240   | 1,60                         | 27,140                    |
| 170904 | Otros residuos de construcción y demolición | 0,08   | 0,050    | 1,50                         | 0,033                     |
| 030308 | Papel-Cartón                                | 0,08   | 0,050    | 0,75                         | 0,067                     |
| 200301 | Basuras generadas por los operarios         | 0,02   | 0,010    | 1,50                         | 0,015                     |
| 170903 | Otros residuos peligrosos                   | 0,01   | 0,005    |                              |                           |
|        | <b>TOTAL</b>                                | 100,00 | 61,375   |                              |                           |

*Tabla 610.1. Generación estimada*

## 12.2 MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS

### 12.2.1 MEDIDAS DE CARÁCTER GENERAL

Se deberá minimizar y reducir las cantidades de materias primas que se utilizan, así como los residuos que se originan en la obra. Al menos se contemplarán las siguientes:

- Se deberá prever la cantidad de materiales que se necesitan para la ejecución de la obra. Un exceso de materias primas, además de encarecer la obra, es origen de un mayor volumen de residuos sobrantes durante la ejecución.
- Será necesario prever el acopio de los materiales fuera de zonas de tránsito de la obra, de forma que permanezcan bien embalados y protegidos hasta el momento de su utilización, con el fin de evitar residuos procedentes de la rotura o deterioro de piezas.
- Los útiles de trabajo se deben limpiar inmediatamente después de su uso para prolongar su vida útil.
- Para prevenir la generación de residuos se deberá prever la instalación de un punto de almacenaje de productos sobrantes reutilizables, de modo que en ningún caso puedan enviarse a vertederos, sino que se proceda a su aprovechamiento posterior por parte del constructor.

### 12.2.2 MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA LA PREVENCIÓN DE RCD

A continuación, se describen las medidas a que se deberán adoptar para la prevención de los diferentes residuos de construcción y demolición que se prevén generar en la obra.

#### HORMIGÓN

- Programar correctamente la llegada de camiones de hormigón para evitar el principio de fraguado y, por tanto, la necesidad de su devolución a planta que afecta a la generación de residuos y a las emisiones derivadas del transporte.
- Aprovechar los restos de hormigón fresco, siempre que sea posible (en la mejora de los accesos, zonas de tráfico, etc.).

#### CHATARRA Y FERRALLA

- Centralizar, siempre que se pueda y exista suficiente espacio en obra el montaje de elementos armados.
- Almacenar correctamente los materiales para protegerlos de la intemperie y evitar la corrosión en el caso de los metales.
- Aprovechar los materiales y los recortes de material y favorecer el reciclaje de aquellos elementos que tengan opciones de valorización.
- Optimizar el corte de chapas para reducir al mínimo los recortes.

### MADERA

- Realizar los cortes de madera con precisión para aprovechar el mayor número de veces posible, respetando siempre las exigencias de calidad.
- Almacenar correctamente los materiales para protegerlos de la intemperie y evitar su deterioro y transformación en residuo.
- Aprovechar los materiales y los recortes y favorecer el reciclaje de aquellos elementos que tengan opciones de valorización.
- Acopiar separadamente, reutilizar, reciclar o llevar a gestor autorizado.
- Acopiar la madera de manera protegida de golpes o daños.
- Para tratar la madera, elegir alternativas a los protectores químicos.

### PLÁSTICO, PAPEL Y CARTÓN

- Comprar materiales evitando envoltorios innecesarios.
- Comprar materiales al por mayor con envases de un tamaño que permita reducir la producción de residuos de envoltorios.
- Dar preferencia a aquellos proveedores que envasan sus productos con sistemas de embalaje que tienden a minimizar los residuos.
- Dar preferencia a los proveedores que elaboran los envases de sus productos con materiales reciclados, biodegradables, o que puedan ser retornados para su reutilización.
- Contratar proveedores de materiales con Sistema Integrado de Gestión de embalajes y recogida de los mismos para su reutilización y/o reciclaje mediante gestor autorizado.

### ALBAÑILERÍA, REVESTIMIENTOS

- Realizar los cortes con la precisión necesaria para favorecer el uso de ambas partes de la pieza.
- Disponer de una central de corte para evitar la dispersión de residuos y aprovechar, siempre que sea viable, los restos de ladrillo, bloques de cemento, baldosas, etc.
- Evitar la compra de colas con componentes peligrosos.

### PRODUCTOS LÍQUIDOS

- Almacenar estos productos en lugar específico preparado para tal fin.
- Tapar los productos líquidos una vez finalizado su uso para evitar evaporación y vertidos por vuelcos accidentales.
- Reducir el uso de disolventes.
- Calcular la cantidad de pintura necesaria para evitar sobrantes.
- Vaciar los recipientes de pintura antes de gestionarlos. Almacenar la pintura sobrante y, siempre que sea posible, reutilizarla.

## 12.3 MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS EN OBRA

En base al artículo 8 del RD 1125/2012, 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 de acuerdo con la codificación de la lista europea de residuos:

|  |                              |
|--|------------------------------|
| Hormigón (LER 170101)                                  | 10,00 T                      |
| Ladrillos (LER 170102), tejas, cerámicos (LER 170103)  | 10,00 T                      |
| Metales (LER 1704)                                     | Separado cada metal distinto |
| Madera   | Separado en todos los casos  |
| Vidrio (LER 170202)                                    | 0,25 T                       |
| Plásticos (LER 170203)                                 | Separado en todos los casos  |
| Papel y cartón (LER 200101)                            | 0,25 T                       |
| Yeso de falsos techos, molduras y paneles (LER 170802) | Separado en todos los casos  |

*Tabla 10.62. Cantidades para la separación en fracciones de los residuos*

Con objeto de conseguir una mejor gestión de los residuos generados en la obra de manera que se facilite su reutilización, reciclaje o valorización y para asegurar las condiciones de higiene y seguridad requeridas, se tomarán las siguientes medidas:

- Las zonas de obra destinadas al almacenaje de residuos quedarán convenientemente señalizadas y para cada fracción se dispondrá un cartel señalizador que indique el tipo de residuo que recoge.
- Todos los envases que lleven residuos deben estar claramente identificados, indicando en todo momento el nombre del residuo, código LER, nombre y dirección del poseedor y el pictograma de peligro en su caso.
- Los residuos se depositarán en las zonas acondicionadas para ellos conforme se vayan generando.
- Los residuos se almacenarán en contenedores adecuados tanto en número como en volumen evitando en todo caso la sobrecarga de los contenedores por encima de sus capacidades límite.
- Los contenedores situados próximos a lugares de acceso público se protegerán fuera de los horarios de obra con lonas o similares para evitar vertidos descontrolados por parte de terceros que puedan provocar su mezcla o contaminación.

## 12.4 ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS

El depósito temporal para RCD valorizables (maderas, plásticos, chatarra, etc.) que se realice en contenedores o en acopios, se deberá señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.

El depósito temporal de los escombros se realizará bien en sacos industriales de volumen inferior a 1 m<sup>3</sup> o bien en contenedores metálicos específicos con ubicación y condicionado que establezcan las ordenanzas municipales. Dicho depósito estará en lugares debidamente señalizados y segregados del resto de residuos

Los contenedores deberán destacar su visibilidad, especialmente durante la noche. En los mismos debe figurar la siguiente información del titular: razón social y teléfono del titular del contenedor o envase. Esta información también quedará reflejada en sacos industriales y otros medios de contención y almacenaje de residuos.

El responsable de obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la misma. Los contenedores permanecerán cerrados o cubiertos, al menos, fuera del horario de trabajo, para evitar el depósito de residuos ajenos a las obras a la que prestan servicio.

Los contenedores deben estar etiquetados correctamente, de forma que los trabajadores conozcan dónde deben depositar los residuos. Para el personal de obra, los cuales están bajo la responsabilidad del Contratista y consecuentemente del Poseedor de los Residuos, estarán obligados a:

- Etiquetar de forma conveniente cada uno de los contenedores que se van a usar en función de las características de los residuos que se depositarán.
- Las etiquetas deben informar sobre qué materiales pueden, o no, almacenarse en cada recipiente. La información debe ser clara y comprensible. Las etiquetas deben ser de gran formato y resistentes al agua.
- Utilizar siempre el contenedor apropiado para cada residuo. Las etiquetas se colocan para facilitar la correcta separación de los mismos.
- Los contenedores deben salir de la obra perfectamente cubiertos. No se debe permitir que la abandonen sin estarlo porque pueden originar accidentes durante el transporte.
- Los residuos de carácter urbano generados en la obra, restos de comidas, envases, lodos de fosas sépticas, se gestionarán acorde con los preceptos marcados por la legislación, la autoridad municipal y este EGR.

## 12.5 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES PREVISTAS

Se acondicionará una zona en la parcela donde se ubicarán los contenedores que albergarán los residuos no peligrosos obtenidos como consecuencia del desarrollo de la obra. Esta zona se señalará en el plano correspondiente.

Dada la cantidad de residuos calculada, se dispondrán 2 contenedores de 4 m<sup>3</sup>.

Los residuos peligrosos deberán almacenarse de forma controlada, estableciendo un área adecuadamente señalizada, vallada o balizada, garantizando la impermeabilidad y estanqueidad, que pueden ser proporcionadas por un sistema eficaz de cierre de los bidones o envases y su colocación bajo cubierta, protegidos de la lluvia.

Estos residuos peligrosos serán transportados por transportistas autorizados.

## 12.6 PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

Además de las obligaciones previstas en la normativa aplicable, la persona física o jurídica que ejecute la obra estará obligada a presentar a la propiedad de la misma un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra. El plan, una vez aprobado por la dirección facultativa y aceptado por la propiedad, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

El poseedor de residuos de construcción y demolición, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Los residuos de construcción y demolición se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización, y en última instancia a depósito en vertedero.

Según exige el Real Decreto 105/2008, que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y de demolición, el poseedor de los residuos estará obligado a sufragar los correspondientes costes de gestión de los residuos.

El productor de residuos habrá de obtener del poseedor la documentación acreditativa de que los residuos de construcción y demolición producidos en la obra han sido gestionados en la misma o entregados a una instalación de valorización o de eliminación para su tratamiento por gestor de residuos autorizado, en los términos regulados en la normativa y, especialmente, en el plan o en sus modificaciones. Esta documentación será conservada durante cinco años.

En las obras de edificación sujetas a licencia urbanística la legislación autonómica podrá imponer al promotor la obligación de constituir una fianza, o garantía financiera equivalente, que asegure el cumplimiento de los requisitos establecidos en dicha licencia en relación con los residuos de construcción y demolición de la obra, cuyo importe se basará en el capítulo específico de gestión de residuos del presupuesto de la obra.



## 12.7 COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS

Se muestra a continuación el coste del apartado correspondiente a la gestión de residuos:

| Concepto  | Cantidad | Precio (€) | Importe (€) |
|---|----------|------------|-------------|
| Alquiler de contenedor RCD 4 m <sup>3</sup> y transporte a vertedero específico | 2        | 93,46      | 186,92      |
| Canon de vertido por entrega de tierras a gestor autorizado                     | 2        | 14,36      | 28,72       |
| Bidón de residuos peligrosos de 100 L   | 2        | 61,85      | 123,70      |
| Transporte de bidón de residuos peligrosos                                      | 2        | 87,23      | 174,46      |
| Entrega de bidón de residuos peligrosos a gestor autorizado                     | 2        | 91,82      | 183,64      |

*Tabla 10.63. Presupuesto estimado de generación de residuos. Fuente: autor*

El presupuesto parcial destinado a la gestión de residuos asciende a la cantidad de SEISCIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNO DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA  
**ANEXO 11. SERVICIOS  
AFECTADOS**

## ÍNDICE

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>        | <b>340</b> |
| <b>2 RESULTADOS .....</b>          | <b>341</b> |
| <b>2.1 SANEAMIENTO.....</b>        | <b>341</b> |
| <b>2.2 ABASTECIMIENTO .....</b>    | <b>341</b> |
| <b>2.3 ENERGÍA ELÉCTRICA .....</b> | <b>342</b> |
| <b>2.4 RED DE CARRETERAS .....</b> | <b>342</b> |
| <b>2.5 ALUMBRADO PÚBLICO .....</b> | <b>343</b> |
| <b>2.6 GAS .....</b>               | <b>344</b> |
| <b>2.7 TELEFONÍA.....</b>          | <b>344</b> |

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente anexo se centra en determinar los servicios de carácter público que pueden verse afectados durante las obras del proyecto y en su conclusión, para así poder tomar las medidas oportunas de modo que el impacto generado sea mínimo.

Para ello, se ha utilizado información concedida por el ayuntamiento, concretamente de los planos de las redes básicas de infraestructuras, anexos al Plan General de Ordenación Urbana, y además se han realizado visitas a la zona de estudio para buscar evidencias sobre la existencia de algún tipo de servicio.

## 2 RESULTADOS

A continuación, se enumeran los distintos servicios que podrían verse afectados, así como las actuaciones correspondientes a realizar.

### 2.1 SANEAMIENTO

Como se puede observar en la *Figura 11.1*, no hay ninguna conducción de la red de saneamiento existente ni de la propuesta en la zona del proyecto.

Por tanto, este servicio no se verá afectado.

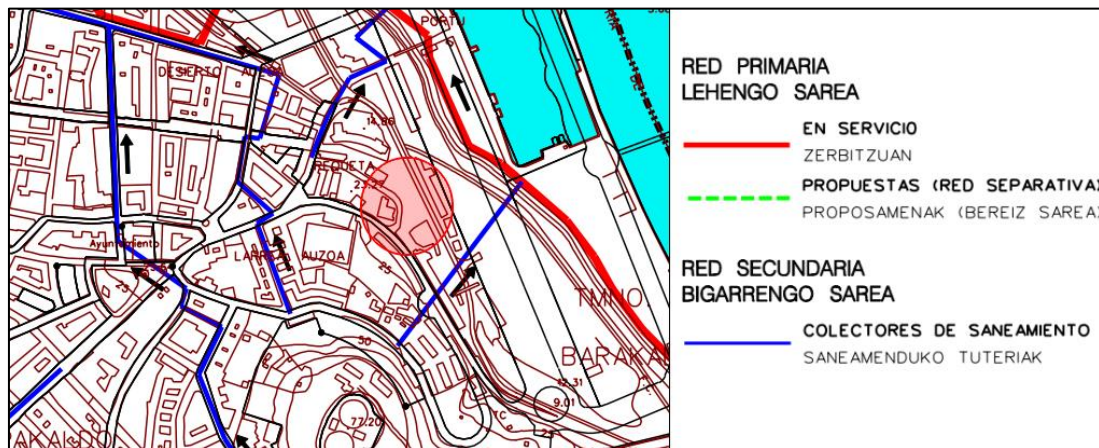


Figura 11.75. Red de saneamiento de Barakaldo. Fuente: PGOU

### 2.2 ABASTECIMIENTO

Como muestra la *Figura 11.2*, no hay ningún elemento de la red de abastecimiento en la zona de proyecto. Las conducciones más cercanas son una de la red secundaria que discurre bajo la carretera de la calle Erreketa, y la ampliación de la misma que recorre la Avenida Altos Hornos de Bizkaia.

Por tanto, este servicio no se verá afectado.

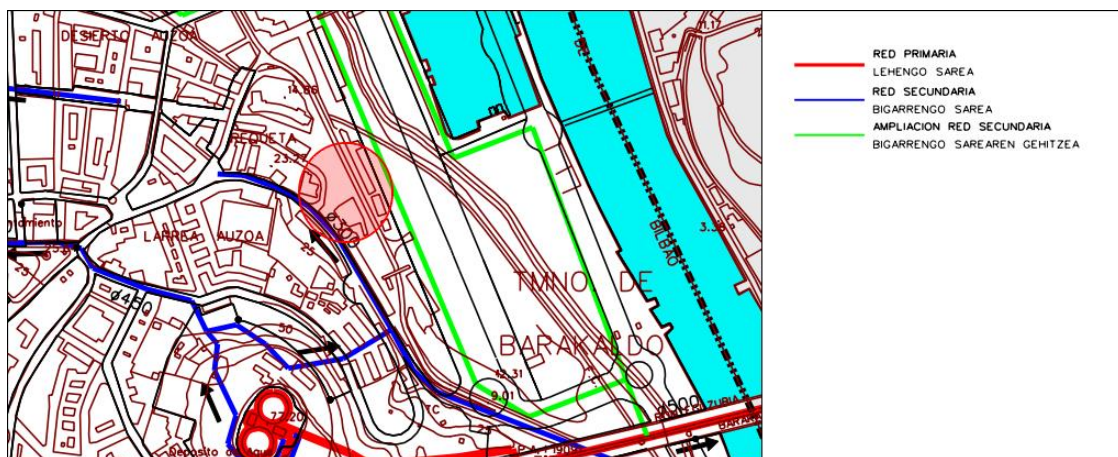
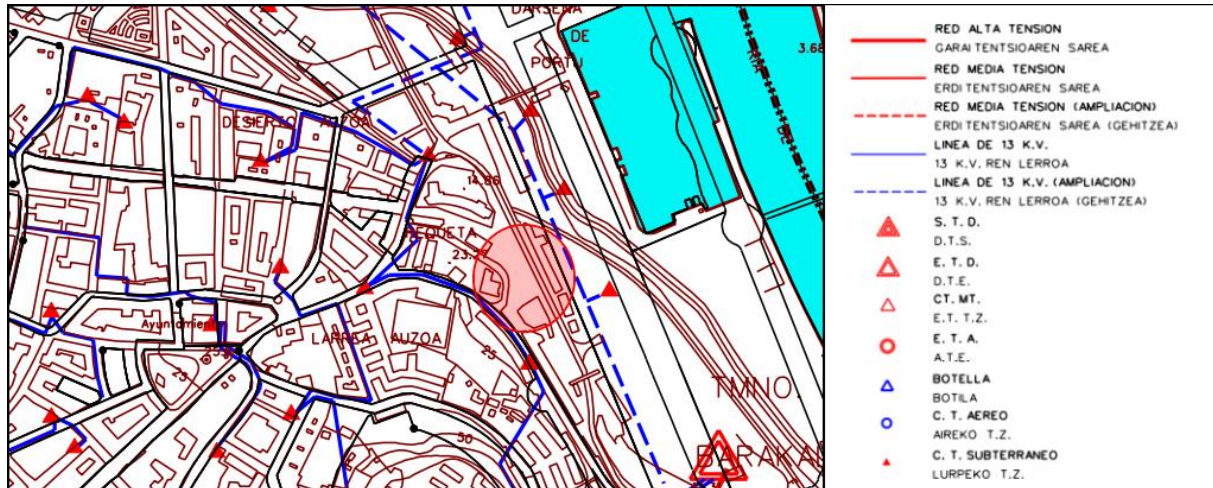


Figura 11.76. Red de abastecimiento de Barakaldo. Fuente: PGOU

## 2.3 ENERGÍA ELÉCTRICA

Tal y como muestra la *Figura 11.3*, ningún elemento de la red eléctrica de Barakaldo discurre por la zona de proyecto.

Por tanto, este servicio no se verá afectado.

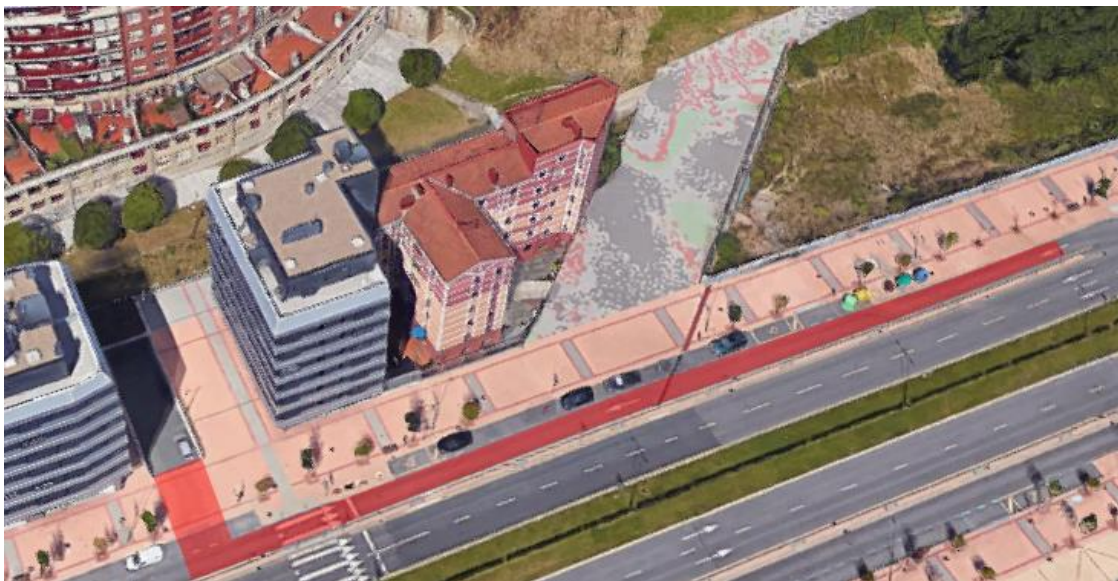


*Figura 11.77. Red de energía eléctrica de Barakaldo. Fuente: PGOU*

## 2.4 RED DE CARRETERAS

El servicio de carreteras es uno de los que puede verse afectado por la obra.

En la avenida Altos Hornos de Bizkaia se encuentra un pequeño vial que se separa de la carretera principal, el cual da acceso a los garajes de los edificios colindantes, como se puede observar en la *Figura 11.4*.



*Figura 11.78. Carretera de entrada a los garajes. Fuente: Google Maps*

El uso de este vial está previsto para la entrada y salida de camiones, materiales y el resto de elementos necesarios para la obra, lo que puede impedir la entrada de los vecinos a los garajes.

La actuación propuesta para subsanar este inconveniente consiste en la retirada de los bolardos, habilitando el paso de peatones que hay junto a la entrada de los garajes como un acceso al mismo.



Figura 11.79. Bolardos a retirar. Fuente: Google Maps

Retirados estos bolardos, la entrada al garaje se gestionaría separando los dos carriles entre la bifurcación y el paso de peatones con una línea de conos, tomando el carril a la derecha de los mismos para entrar al garaje.

Dados los posibles riesgos derivados de que un vehículo atravesase un tramo de acera, este acceso deberá estar vigilado y regulado por personal de obra.

En cuanto al acceso superior por la calle Erreketa, siendo esta bastante estrecha y con varias entradas de garaje, deberá evitarse el estacionamiento de vehículos de obra o la colocación de contenedores que corten el paso del tráfico. Esto será sencillo, ya que en el acceso inferior se dispone de espacio suficiente.

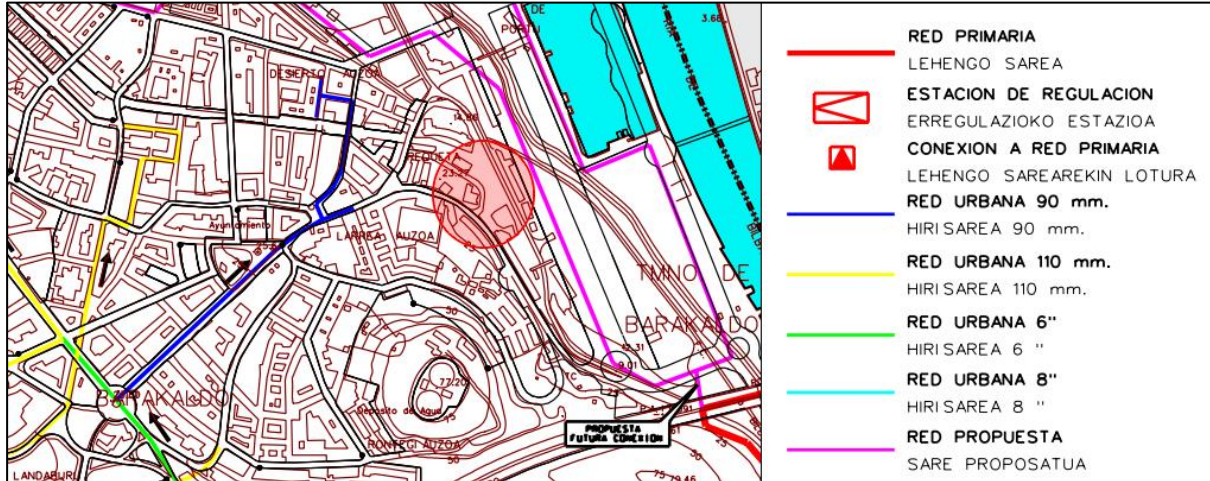
## 2.5 ALUMBRADO PÚBLICO

Se han supuesto varias redes que conectan las luminarias instaladas en los dos accesos. Para la puesta en marcha del nuevo alumbrado se realizarán conexiones a dichas redes. Suponiendo que soportarán el aumento de la potencia añadida, tampoco habrá afección a este servicio.

## 2.6 GAS

En la *Figura 11.6* se muestra la distribución de la red de gas de Barakaldo. Como se puede observar, ningún elemento ni conducción de dicha red se encuentra en la zona de proyecto.

Por tanto, el servicio no se verá afectado.



*Figura 11.80. Red de gas de Barakaldo. Fuente: PGOU*

## 2.7 TELEFONÍA

La red de telefonía no ha sido proporcionada, al tratarse de un servicio de entidad privada. A pesar de ello, tras una inspección de la zona, se deduce que existe un punto cercano donde se podrá conectar el ascensor, que debe tener teléfono de emergencia por normativa.



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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA  
**ANEXO 12. PLAN DE CONTROL  
DE CALIDAD**

## ÍNDICE

|   |            |
|---|------------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>   | <b>347</b> |
| <b>2 CONTROL DE RECEPCIÓN DE LOS PRODUCTOS.....</b>   | <b>348</b> |
| <b>2.1 CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN DE SUMINISTROS .....</b>                                   | <b>348</b> |
| <b>2.2 CONTROL MEDIANTE DISTINTIVOS DE CALIDAD O EVALUACIONES TÉCNICAS DE IDONEIDAD .....</b> | <b>348</b> |
| <b>2.3 CONTROL MEDIANTE ENSAYOS .....</b>   | <b>349</b> |
| <b>2.4 CONTROL EN LA RECEPCIÓN DE MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS .....</b>              | <b>349</b> |
| <b>2.4.1 CEMENTOS .....</b>   | <b>349</b> |
| <b>2.4.2 HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO .....</b>   | <b>350</b> |
| <b>2.4.3 ESTRUCTURAS METÁLICAS .....</b>  | <b>350</b> |
| <b>2.4.4 RED DE SANEAMIENTO .....</b>   | <b>350</b> |
| <b>2.4.5 CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURAS .....</b>  | <b>351</b> |
| <b>2.4.6 CARPINTERÍA.....</b>   | <b>351</b> |
| <b>2.4.7 INSTALACIONES ELÉCTRICAS .....</b>   | <b>352</b> |
| <b>3 CONTROL DE EJECUCIÓN EN OBRA .....</b>   | <b>353</b> |
| <b>4 CONTROL EN LA FASE DE EJECUCIÓN .....</b>  | <b>354</b> |
| <b>4.1 HORMIGÓN ARMADO .....</b>  | <b>354</b> |
| <b>4.2 ESTRUCTURA METÁLICA.....</b>   | <b>354</b> |
| <b>4.3 RED DE SANEAMIENTO.....</b>  | <b>354</b> |
| <b>5 CONTROL DE LA OBRA TERMINADA .....</b>   | <b>355</b> |
| <b>5.1 HORMIGÓN ARMADO .....</b>  | <b>355</b> |
| <b>5.2 ESTRUCTURA METÁLICA.....</b>   | <b>355</b> |
| <b>5.3 INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....</b>  | <b>355</b> |
| <b>6 ACTAS DE RESULTADOS E INFORMES.....</b>  | <b>356</b> |
| <b>6.1 ACTAS DE RESULTADOS .....</b>  | <b>356</b> |
| <b>6.2 INFORMES SEMANALES.....</b>  | <b>356</b> |
| <b>6.3 INFORME FINAL .....</b>  | <b>357</b> |
| <b>7 CERTIFICADO DE CALIDAD.....</b>  | <b>358</b> |

## 1 INTRODUCCIÓN

Se redacta el presente Plan de Control de Calidad como anexo del proyecto reseñado a continuación con el objeto de dar cumplimiento a lo establecido en el RD 314/2006, de 17 de marzo por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

El control de calidad de las obras incluye:

- A. El control de recepción de productos, equipos y sistemas
- B. El control de la ejecución de la obra
- C. El control de la obra terminada

Para ello:

1. El director de la ejecución de la obra recopilará la documentación del control realizado, verificando que es conforme con lo establecido en el proyecto, sus anejos y modificaciones.
2. El constructor recabará de los suministradores de productos y facilitará al director de obra y al director de la ejecución de la obra la documentación de los productos anteriormente señalada, así como sus instrucciones de uso y mantenimiento, y las garantías correspondientes cuando proceda; y
3. La documentación de calidad preparada por el constructor sobre cada una de las unidades de obra podrá servir, si así lo autorizara el director de la ejecución de la obra, como parte del control de calidad de la obra.

Una vez finalizada la obra, la documentación del seguimiento del control será depositada por el director de la ejecución de la obra en el Colegio Profesional correspondiente o, en su caso, en la Administración Pública competente, que asegure su tutela y se comprometa a emitir certificaciones de su contenido a quienes acrediten un interés legítimo.

## 2 CONTROL DE RECEPCIÓN DE LOS PRODUCTOS

El control de recepción tiene por objeto comprobar las características técnicas mínimas exigidas que deben reunir los productos, equipos y sistemas que se incorporen de forma permanente en el edificio proyectado, así como sus condiciones de suministro, las garantías de calidad y el control de recepción.

El Director de Ejecución de la Obra cursará instrucciones al Constructor para que aporte certificados de calidad, el marcado CE para productos, equipos y sistemas que se incorporen a la obra.

Durante la obra se realizarán los siguientes controles:

### 2.1 CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN DE SUMINISTROS

Los suministradores entregarán al constructor, quien los facilitará al director de la ejecución de la obra, los documentos de identificación del producto exigidos por la normativa de obligado cumplimiento y, en su caso, por el proyecto o por la dirección facultativa. Esta documentación comprenderá, al menos, los siguientes documentos:

- Los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado.
- El certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física.
- Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al marcado CE de los productos de construcción, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposición de las Directivas Europeas que afecten a los productos suministrados.
- En el caso de hormigones estructurales el control de documentación se realizará de acuerdo con el apartado. 79.3.1. de la EHE, facilitándose los documentos indicados antes, durante y después del suministro.

### 2.2 CONTROL MEDIANTE DISTINTIVOS DE CALIDAD O EVALUACIONES TÉCNICAS DE IDONEIDAD

El suministrador proporcionará la documentación precisa sobre:

- Los distintivos de calidad que ostenten los productos, equipos o sistemas suministrados, que aseguren las características técnicas de los mismos exigidas en el proyecto y documentará, en su caso, el reconocimiento oficial del distintivo de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.3 del capítulo 2 del CTE.
- Las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos, equipos y sistemas innovadores, de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.5 del capítulo 2 del CTE, y la constancia del mantenimiento de sus características técnicas.

- El procedimiento para hormigones estructurales es el indicado en el apartado 79.3.2. de la EHE.

El director de la ejecución de la obra verificará que esta documentación es suficiente para la aceptación de los productos, equipos y sistemas amparados por ella.

## **2.3 CONTROL MEDIANTE ENSAYOS**

Para verificar el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE puede ser necesario, en determinados casos, realizar ensayos y pruebas sobre algunos productos, según lo establecido en la reglamentación vigente, o bien según lo especificado en el proyecto u ordenados por la dirección facultativa.

La realización de este control se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el proyecto o indicados por la dirección facultativa sobre el muestreo del producto, los ensayos a realizar, los criterios de aceptación y rechazo y las acciones a adoptar.

## **2.4 CONTROL EN LA RECEPCIÓN DE MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS**

### **2.4.1 CEMENTOS**

#### Instrucción para la recepción de cementos (RC-16)

Aprobada por el Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la instrucción para la recepción de cementos.

- Artículo 7. Consideraciones generales y organización de la recepción
- Artículo 10. Almacenamiento
- Anejo 4. Condiciones de suministro relacionadas con la recepción
- Anejo 5. Recepción mediante la realización de ensayos
- Anejo 6. Ensayos aplicables en la recepción de los cementos
- Anejo 7. Garantías asociadas al marcado CE y a la certificación de conformidad con los requisitos reglamentarios.

#### Cementos comunes

Obligatoriedad del mercado CE para este material (UNE-EN 197-1), aprobada por Resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).

#### Cementos de albañilería

Obligatoriedad del mercado CE para los cementos de albañilería (UNE-EN 413-1, aprobada por Resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).

## **2.4.2 HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO**

### Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)

Aprobada por Real Decreto 1429/2008 de 21 de agosto. (BOE 22/08/08)

- Capítulo XVI. Control de la conformidad de los productos

## **2.4.3 ESTRUCTURAS METÁLICAS**

### Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB SE-A-Seguridad Estructural-Acero

Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. (BOE 28/3/2006).

- Epígrafe 12. Control de calidad
- Epígrafe 12.3 Control de calidad de los materiales
- Epígrafe 12.4 Control de calidad de la fabricación

## **2.4.4 RED DE SANEAMIENTO**

### Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB HE Ahorro de Energía

Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. (BOE 28/3/2006)

- Epígrafe 6. Productos de construcción

### Geotextiles y productos relacionados. Requisitos para uso en sistemas de drenaje

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 13252), aprobada por Resolución de 4 de abril de 2017 (BOE 17/04/2017).

### Juntas elastoméricas de tuberías empleadas en canalizaciones de agua y drenaje (de caucho vulcanizado, de elastómeros termoplásticos, de materiales celulares de caucho vulcanizado y de poliuretano vulcanizado).

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 681-1, 2, 3 y 4) aprobada por Resolución de 6 de marzo de 2006 (BOE 03/04/2006).

### Canales de drenaje para zonas de circulación para vehículos y peatones

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 1433), aprobada por Resolución de 12 de junio de 2003 (BOE 11/07/2003).

### Tubos y piezas complementarias de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibra de acero

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 1916), aprobada por Resolución de 12 de noviembre de 2010 (BOE 07/12/2010).

## 2.4.5 CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURAS

### Geotextiles y productos relacionados. Requisitos para uso en movimientos de tierras, cimentaciones y estructuras de construcción

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 13251), aprobada por Resolución de 4 de abril de 2017 (BOE 17/04/2017).

### Anclajes metálicos para hormigón

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos, aprobadas por Resolución de 26 de noviembre de 2002 (BOE 19/12/2002) y Resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).

- Anclajes metálicos para hormigón. Guía DITE Nº 001-1 ,2, 3 y 4.

### Aditivos para hormigones y pastas

Obligatoriedad del mercado CE para los productos relacionados, aprobada por Resolución de 17 de octubre de 2014 y Resolución de 4 de marzo de 2011 (BOE 24/10/2014 y 29/03/2011).

- Aditivos para hormigones y pastas. UNE-EN 934-2
- Aditivos para hormigones y pastas. Aditivos para pastas para cables de pretensado. UNE-EN 934-4

### Ligantes de soleras continuas de magnesita. Magnesita cáustica y de cloruro de magnesio

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 14016-1), aprobada por Resolución de 7 de julio de 2006 (BOE 02/08/2006).

### Áridos para hormigones, morteros y lechadas

Obligatoriedad del mercado CE para los productos relacionados, aprobada por Resolución de 14 de enero de 2004 (BOE 11/02/2004).

- Áridos para hormigón. UNE-EN 12620.
- Áridos ligeros para hormigones, morteros y lechadas. UNE-EN 13055-1.
- Áridos para morteros. UNE-EN 13139.

## 2.4.6 CARPINTERÍA

### Tableros derivados de la madera para su utilización en la construcción

Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 13986) aprobada por Resolución de 23 de noviembre de 2015 (BOE 07/12/2015).

## **2.4.7 INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

### Columnas y báculos de alumbrado

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos aprobada por Resolución de

10 de octubre de 2003 (BOE 31/10/2003) y ampliada por resolución de 1 de 28 de junio de 2004 (BOE 16/07/2004).

- Acero. UNE-EN 40-5.
- Mezcla de polímeros compuestos reforzados con fibra. UNE-EN 40-7.

### Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)

Aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto. (BOE 18/09/2002).

- Artículo 6. Equipos y materiales.
- ITC-BT-06. Materiales. Redes aéreas para distribución en baja tensión.
- ITC-BT-07. Cables. Redes subterráneas para distribución en baja tensión.



### **3 CONTROL DE EJECUCIÓN EN OBRA**

Durante la construcción, el director de la ejecución de la obra controlará la ejecución de cada unidad de obra verificando su replanteo, los materiales que se utilicen, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, así como las verificaciones y demás controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto, la legislación aplicable, las normas de buena práctica constructiva y las instrucciones de la dirección facultativa. En la recepción de la obra ejecutada pueden tenerse en cuenta las certificaciones de conformidad que ostenten los agentes que intervienen, así como las verificaciones que, en su caso, realicen las entidades de control de calidad de la edificación.

Se comprobará que se han adoptado las medidas necesarias para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos.

En el control de ejecución de la obra se adoptarán los métodos y procedimientos que se contemplen en las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos, equipos y sistemas innovadores, previstas en el artículo 5.2.5.

## **4 CONTROL EN LA FASE DE EJECUCIÓN**

### **4.1 HORMIGÓN ARMADO**

Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)

Aprobada por Real Decreto 1429/2008 de 21 de agosto. (BOE 22/08/08).

- Capítulo XVII. Control de la ejecución.

### **4.2 ESTRUCTURA METÁLICA**

Instrucción del Acero Estructural (EAE)

Aprobada por Real Decreto 751/2011 de 27 de mayo.

- Capítulo XXII. Control de la ejecución.

### **4.3 RED DE SANEAMIENTO**

Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB HE Ahorro de Energía

Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. (BOE 28/3/2006)

Fase de recepción de materiales de construcción

- Epígrafe 5. Construcción

## 5 CONTROL DE LA OBRA TERMINADA

Con el fin de comprobar las prestaciones finales del edificio en la obra terminada deben realizarse las verificaciones y pruebas de servicio establecidas en el proyecto o por la dirección facultativa y las previstas en el CTE y resto de la legislación aplicable que se enumera a continuación:

### 5.1 HORMIGÓN ARMADO

#### Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)

Aprobada por Real Decreto 1429/2008 de 21 de agosto. (BOE 22/08/08).

- Artículo 100. Control del elemento construido.
- Artículo 101. Controles de la estructura mediante ensayos de información Complementaria.
- Artículo 102. Control de aspectos medioambientales.

### 5.2 ESTRUCTURA METÁLICA

#### Instrucción del Acero Estructural (EAE)

Aprobada por Real Decreto 751/2011 de 27 de mayo.

- Capítulo XXIII. Control de la ejecución tras la finalización de obra.

### 5.3 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

#### Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)

Aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto. (BOE 18/09/2002)

#### Fase de recepción de las instalaciones

- Artículo 18. Ejecución y puesta en servicio de las instalaciones
- ITC-BT-04. Documentación y puesta en servicio de las instalaciones
- ITC-BT-05. Verificaciones e inspecciones

## 6 ACTAS DE RESULTADOS E INFORMES

### 6.1 ACTAS DE RESULTADOS

El Laboratorio acreditado encargado de realizar los ensayos de los materiales citados en este Plan de Control de Calidad, emitirá actas de resultados con los datos obtenidos, 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.

### 6.2 INFORMES SEMANALES

A final de cada semana, mientras dure la Obra, el Laboratorio emitirá un informe resumen de los trabajos realizados durante la misma que contendrán la siguiente información:

- Resumen de los ensayos realizados en obra durante esa semana.
- 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.

## 6.3 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.

## **7 CERTIFICADO DE CALIDAD**

La Dirección Facultativa de la obra deberá emitir un certificado final de calidad verificando que la obra ha sido realizada conforme a los controles de calidad establecidos en el proyecto aprobado y la documentación técnica que lo desarrolla y con los ensayos efectuados por el laboratorio acreditado, adjuntando la documentación que procedente.

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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA

**ANEXO 13. ESTUDIO DE  
IMPACTO AMBIENTAL**

## ÍNDICE

|  |            |
|--|------------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>  | <b>362</b> |
| <b>1.1 OBJETO Y FINALIDAD.....</b>                                       | <b>362</b> |
| <b>1.2 LEGISLACIÓN.....</b>  | <b>362</b> |
| <b>2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....</b>                                  | <b>363</b> |
| <b>3 INVENTARIO AMBIENTAL Y SOCIOECONÓMICO .....</b>                     | <b>364</b> |
| <b>3.1 MEDIO FÍSICO .....</b>  | <b>364</b> |
| <b>3.1.1 CLIMA .....</b>   | <b>364</b> |
| <b>3.1.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA .....</b>                              | <b>364</b> |
| <b>3.1.3 HIDROLOGÍA .....</b>  | <b>364</b> |
| <b>3.2 MEDIO BIOLÓGICO.....</b>  | <b>364</b> |
| <b>3.2.1 VEGETACIÓN .....</b>  | <b>364</b> |
| <b>3.2.2 FAUNA .....</b>   | <b>364</b> |
| <b>3.3 PATRIMONIO CULTURAL .....</b>                                     | <b>364</b> |
| <b>3.4 PAISAJE.....</b>  | <b>364</b> |
| <b>3.5 EFECTOS SOCIALES .....</b>  | <b>365</b> |
| <b>3.5.1 CALIDAD ACÚSTICA.....</b>                                       | <b>365</b> |
| <b>3.5.2 SISTEMA TERRITORIAL .....</b>                                   | <b>365</b> |
| <b>4 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS.....</b>               | <b>366</b> |
| <b>4.1 CARÁCTER DEL IMPACTO.....</b>                                     | <b>366</b> |
| <b>4.2 MATRIZ DE LEOPOLD. VALORACIÓN RELATIVA DE IMPACTOS.....</b>       | <b>366</b> |
| <b>4.3 EVALUACIÓN DEL IMPACTO.....</b>                                   | <b>367</b> |
| <b>5 MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS.....</b>          | <b>370</b> |
| <b>5.1 DELIMITACIÓN DE LA SUPERFICIE A OCUPAR .....</b>                  | <b>370</b> |
| <b>5.2 PROTECCIÓN DEL ESTADO DE LAS VÍAS PÚBLICAS .....</b>              | <b>370</b> |
| <b>5.3 PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE.....</b>                        | <b>370</b> |
| <b>5.4 GARANTÍA DE CONTINUIDAD DE LOS SERVICIOS Y ACCESIBILIDAD.....</b> | <b>371</b> |
| <b>5.5 GESTIÓN DE RESIDUOS.....</b>                                      | <b>371</b> |
| <b>5.6 INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA .....</b>                                | <b>371</b> |
| <b>5.7 REVEGETACIÓN .....</b>  | <b>371</b> |
| <b>6 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL .....</b>                          | <b>372</b> |
| <b>6.1 FASE DE CONSTRUCCIÓN .....</b>                                    | <b>372</b> |
| <b>6.1.1 SEGUIMIENTO DE LAS EMISIONES DE POLVO.....</b>                  | <b>372</b> |
| <b>6.1.2 SEGUIMIENTO DE AFECCIONES SOBRE LOS SUELOS.....</b>             | <b>373</b> |



|   |            |
|---|------------|
| <b>6.1.2 SEGUIMIENTO DE LAS AFECCIONES A LA FLORA Y LA FAUNA.....</b>                             | <b>373</b> |
| <b>6.2 FASE DE FUNCIONAMIENTO .....</b>   | <b>374</b> |
| <b>6.2.1 SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES CONTEMPLADAS TRAS LA FINALIZACIÓN DE LA OBRA.....</b>     | <b>374</b> |
| <b>6.3 PRESENTACIÓN DE INFORMES SOBRE EL DESARROLLO DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL.....</b> | <b>374</b> |

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente anexo tiene como objetivo proponer y concretar las medidas protectoras y correctoras referentes al impacto ambiental que la obra y su ejecución pueden ocasionar.

### 1.1 OBJETO Y FINALIDAD

La ley 21/2013 establece las bases que deben regir la evaluación ambiental de los planes, programas y proyectos que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente, garantizando en todo el territorio del Estado un elevado nivel de protección ambiental, con el fin de promover un desarrollo sostenible, mediante:

- a) La integración de los aspectos medioambientales en la elaboración y en la adopción, aprobación o autorización de los planes, programas y proyectos.
- b) El análisis y la selección de las alternativas que resulten ambientalmente viables.
- c) El establecimiento de las medidas que permitan prevenir, corregir y, en su caso, compensar los efectos adversos sobre el medio ambiente.
- d) El establecimiento de las medidas de vigilancia, seguimiento y sanción necesarias para cumplir con las finalidades de esta ley.

### 1.2 LEGISLACIÓN

En la realización del Estudio se ha seguido la ley 21/2013, del 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

## 2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente estudio debe englobar varias fases:

- Fase de obra o construcción.
- Fase de funcionamiento.
- Fase de desmantelamiento.

La fase con mayor impacto y la cual representa este proyecto es la de obra o construcción. Esta primera actuación comprende desde la construcción y adecuación de accesos a obra, hasta el movimiento y uso de maquinaria. Es decir, comprende todas las actividades necesarias para la construcción e instalación de los elementos mecánicos proyectados, así como la creación de sus zonas de acceso.

## **3 INVENTARIO AMBIENTAL Y SOCIOECONÓMICO**

Con objeto de llevar a cabo la propuesta de medidas de restauración ambiental es necesaria la realización previa de un inventario, en el que se relacionen e identifiquen los elementos que sirvan de base a este estudio.

### **3.1 MEDIO FÍSICO**

#### **3.1.1 CLIMA**

La descripción y detalle sobre la climatología de la zona se incluye en el *Anexo 4: Hidrología, climatología y drenaje*.

Vistas las características del proyecto y teniendo en cuenta que no representa emisiones de elementos perjudiciales a la atmósfera, no se considerará necesario incluir el clima entre los factores a tratar.

#### **3.1.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA**

La descripción y detalle sobre la geología y geomorfología de la zona se detalla en el *Anexo 3: Geología y geotecnia*.

Dada la evidente afección a los suelos durante la fase de construcción, se considerarán factores de estudio la alteración y pérdida de los mismos y la alteración de la topografía.

#### **3.1.3 HIDROLOGÍA**

La zona de proyecto está situada a unos 200 metros de la Ría de Bilbao, por lo que se considerará factor de estudio cualquier tipo de vertido derivado de las obras.

### **3.2 MEDIO BIOLÓGICO**

#### **3.2.1 VEGETACIÓN**

A pesar de que la zona donde se situará el proyecto es una zona ya urbanizada con construcciones colindantes, existen pequeñas zonas con vegetación, por lo que se considerará un factor relevante.

#### **3.2.2 FAUNA**

Aunque no exista fauna salvaje en la zona, se tendrán en cuenta microorganismos y animales de tamaño reducido que puedan habitar entre la vegetación.

### **3.3 PATRIMONIO CULTURAL**

No se sitúa ningún punto de interés cultural en el entorno del trazado.

### **3.4 PAISAJE**

Se considerará un factor relevante y afectado por razones estéticas durante la obra.

## **3.5 EFECTOS SOCIALES**

### **3.5.1 CALIDAD ACÚSTICA**

La construcción y el funcionamiento del proyecto ocasionarán distintos ruidos y vibraciones que supondrán un efecto adverso en la zona.

### **3.5.2 SISTEMA TERRITORIAL**

Se considerará la afección a infraestructuras como factor objeto de estudio debido a la ubicación urbana del proyecto.

## 4 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS

Previo a la exposición de los impactos resulta necesaria la definición de diferentes conceptos en referencia a su caracterización.

### 4.1 CARÁCTER DEL IMPACTO

#### IMPACTO AMBIENTAL COMPATIBLE

Aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras ni correctoras.

#### IMPACTO AMBIENTAL MODERADO

Aquel cuya recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas, y que en la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo.

#### IMPACTO AMBIENTAL SEVERO

Aquel en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras, y el que, aún con esas medidas, aquella recuperación precisa un período dilatado de tiempo.

#### IMPACTO AMBIENTAL CRÍTICO

Aquel cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso adoptando medidas protectoras o correctoras.

### 4.2 MATRIZ DE LEOPOLD. VALORACIÓN RELATIVA DE IMPACTOS

Para la evaluación cualitativa de los diferentes impactos producidos durante las tres fases identificadas en el primer apartado se ha realizado una Matriz de Valoración Relativa de Impactos. Dicha matriz se compone por los efectos ordenados en filas y los impactos de mayor relevancia dispuestos en columnas.

A cada efecto se le otorgan una magnitud y una importancia. La magnitud, anotada en la parte superior del triángulo, mide la alteración provocada en el factor ambiental considerado, mientras que la importancia da el peso relativo que tiene dicho factor dentro del proyecto, siendo anotado en la parte inferior del triángulo.

Como se puede observar en la matriz de Leopold mostrada en la Figura 13.1, el mayor efecto negativo se dará a consecuencia de los ruidos y vibraciones producidos por las obras. A pesar de que estas molestias sean inevitables, es posible implantar ciertas medidas reductoras.

Por otro lado, en cuanto a los medios físico y biológico, no se dan grandes efectos ambientales, resultando incluso para el biológico un balance positivo.

Viendo el resultado total, se puede observar que el impacto medioambiental del proyecto será bajo.

| ACCIONES DEL PROYECTO |                     | Fase de obra                       |                          |                       |                   | Fase de funcionamiento           |                                 | Fase de desmantelamiento        | Impacto por subcomponentes | Impacto por componente | Impacto total del proyecto |
|-----------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|
|                       |                     | Explicación y obras preparatorias  | Cimentación y estructura | Instalación eléctrica | Uso de maquinaria | Funcionamiento de la instalación | Mantenimiento de la instalación | Desmantelamiento y recuperación |                            |                        |                            |
| Físico                | Geología            | Alteración de la topografía        | -1<br>1                  | -1<br>1               |                   | -1<br>1                          |                                 |                                 | -3                         | -7                     | -46                        |
|                       | Suelo               | Alteración y pérdida de suelos     | -2<br>2                  | -1<br>1               |                   |                                  |                                 | 2<br>2                          | -1                         |                        |                            |
|                       | Hidrología          | Afección a la calidad del agua     | -1<br>1                  | -1<br>1               |                   | -1<br>1                          |                                 |                                 | -3                         |                        |                            |
| Biológico             | Vegetación          | Alteración de la cubierta vegetal  | -2<br>2                  |                       |                   |                                  |                                 | 3<br>3                          | 5                          | 1                      |                            |
|                       | Fauna               | Afección a la fauna                | -1<br>1                  |                       |                   | -1<br>1                          | -1<br>1                         | 2<br>2                          | 1                          |                        |                            |
|                       | Paisaje             | Afección a la calidad visual       | -1<br>1                  | -2<br>2               |                   |                                  | -2<br>2                         | 2<br>2                          | -5                         |                        |                            |
| Social                | Acústica            | Generación de ruidos y vibraciones | -2<br>3                  | -2<br>3               | -1<br>1           | -3<br>3                          | -1<br>1                         | -1<br>1                         | -2<br>2                    | -28                    |                            |
|                       | Sistema Territorial | Afección a infraestructuras        | -1<br>1                  | -1<br>1               | -1<br>1           | -3<br>3                          |                                 |                                 | -12                        | -40                    |                            |

Figura 813.1. Matriz de Leopold para la evaluación del impacto medioambiental del proyecto. Fuente: Autor

### 4.3 EVALUACIÓN DEL IMPACTO

En este punto se recoge la valoración de la magnitud o importancia del impacto, al margen de la posibilidad o no de diseñar y aplicar medidas correctoras o protectoras. En función de la diferencia entre el estado preoperacional de cada una de las variables del medio afectadas y el estado de las mismas después de la actuación, y siempre teniendo en cuenta las medidas correctoras aplicadas y el desarrollo del programa de supervisión, se incluirán en alguna de las siguientes categorías:

- No significativo
- Poco Significativo
- Significativo
- Muy significativo

A continuación, se enumerarán y evaluarán los factores considerados.

#### ALTERACIÓN DE LA TOPOGRAFÍA

La alteración de la topografía es un efecto negativo que se da en la fase de obra con la modificación del terreno de la zona de proyecto al realizar movimientos de tierras para la excavación y posterior cimentación. El impacto se caracteriza como permanente, directo y compatible, ya que no es posible la aplicación de medidas correctoras.

Sin embargo, el proyecto se efectúa sin deterioro excesivo de la zona colindante, ya que el movimiento de tierras a realizar es muy reducido, por lo que el impacto se considerará **no significativo**.

#### ALTERACIÓN Y PÉRDIDA DE SUELOS

La alteración y pérdida de suelos es un impacto negativo que se produce en fase de obra con la excavación y ocupación del terreno por la realización de los accesos proyectados. El impacto se caracteriza como permanente, directo y moderado. La magnitud del impacto se considera **no significativa**, ya que no se alterarán los suelos existentes debido a la escasa generación de residuos dañinos para los mismos.

#### AFECCIÓN A LA CALIDAD DEL AGUA

La afección a la calidad del agua es un impacto negativo que puede darse en la fase de obra por el vertido de residuos de la excavación o de la utilización de la maquinaria de obra. El impacto se caracteriza como permanente, directo y severo. La magnitud del impacto se considera **no significativa**, ya que se aplicarán medidas correctoras para evitar cualquier influencia sobre las aguas de la Ría.

#### AFECCIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL

La alteración de la cubierta vegetal es una afección que se produce en mayor magnitud durante la fase de obras, de carácter negativo, directo y moderado. La magnitud del impacto se considera **poco significativa**, ya que tras el movimiento de tierras se procederá a la revegetación de la zona.

#### AFECCIÓN A LA FAUNA

La afección a la fauna se produce en mayor magnitud durante la fase de obras. Se trata de un factor de carácter negativo, directo y moderado. La magnitud del impacto se considera **no significativa** debido a la escasez de fauna existente en territorio urbano.

#### AFECCIÓN A LA CALIDAD VISUAL

Se trata de un impacto producido en fase de obra y que se conserva en fase de funcionamiento. Resulta de carácter negativo, directo y moderado. La magnitud para ambas fases se ha considerado **poco significativa**, ya que la calidad del paisaje no variará demasiado debido a la que la estructura no tiene un gran tamaño y se le dará un acabado que no creará mucho impacto visual, tratando de integrarse con el entorno.

#### GENERACIÓN DE RUIDOS Y VIBRACIONES

Se trata de un impacto producido en fase de obra, pero que abarca las tres fases existentes. Resulta de carácter negativo, directo y moderado. La magnitud del impacto se considera **significativa**, debido a que hay varias viviendas colindantes e incluso un colegio que pueden verse afectados.



### AFECCIÓN A INFRAESTRUCTURAS

La afección a infraestructuras es un impacto negativo que se produce en fase de obra con la interacción de la maquinaria y en transporte de materiales a través de las infraestructuras existentes en la zona. Se caracteriza como indirecto y moderado. La magnitud del impacto se ha considerado **poco significativa**, ya que hay buenos accesos por carretera y poco tráfico en la zona, por lo que será difícil que se entorpezca el mismo.

## **5 MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS**

A continuación, se enumeran recomendaciones, medidas preventivas, correctoras y compensatorias que se deben analizar o desarrollar para evitar o paliar las afecciones generadas.

### **5.1 DELIMITACIÓN DE LA SUPERFICIE A OCUPAR**

Previo al inicio de los trabajos constructivos, se delimitará la superficie a ocupar tanto por la obra en sí, como por los parques de maquinaria, las edificaciones e instalaciones provisionales de obra, áreas de acopio de materiales y los corredores de tránsito que utilizará la maquinaria pesada.

### **5.2 PROTECCIÓN DEL ESTADO DE LAS VÍAS PÚBLICAS**

Debe prestarse especial atención a la salida de camiones y vehículos a la vía pública, debido al embarramiento que estos pudieran causar.

Como medida a esta afección y con el fin de no dificultar la circulación se habilitarán zonas de limpieza previas a la salida de los vehículos de obra. Estas estarán dotadas de elementos de limpieza como mangueras o rodillos.

### **5.3 PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE**

Con el fin de prevenir y minimizar el efecto del polvo sobre las poblaciones y edificaciones cercanas a la zona de obra y las formaciones de vegetación arbórea, se regarán las superficies afectadas por las obras.

Esta medida consiste en el riego periódico de las superficies de explanación del trazado, de la reposición de caminos y de las zonas de instalaciones auxiliares, de préstamos y de vertido de tierras, y en general en aquellas zonas en las que tengan lugar movimientos de maquinaria y vehículos o de tierras, incluyendo todos los caminos de acceso a obra, a instalaciones auxiliares, a parques de maquinaria, a zonas de préstamo y a vertederos.

Se realizará con la frecuencia necesaria, dependiendo de las características del suelo y de las condiciones climatológicas y de humedad del suelo, siempre que se produzcan las circunstancias que favorezcan la disgregación de las partículas y la formación de polvo, y que tengan lugar operaciones de construcción que impliquen la excavación y carga de materiales y el transporte de los mismos, así como el movimiento de maquinaria y vehículos de transporte sobre viales de tierra.

Se trata en definitiva de mantener el sustrato en las condiciones de humedad requeridas para evitar la formación de polvo cuando se produzcan las operaciones de obra que la puedan ocasionar.

## **5.4 GARANTÍA DE CONTINUIDAD DE LOS SERVICIOS Y ACCESIBILIDAD**

Durante la fase de obra se respetará la continuidad de todos los servicios y conducciones que puedan verse afectados, además de asegurarse la continuidad de los caminos y la accesibilidad a las viviendas y parcelas cercanas.

## **5.5 GESTIÓN DE RESIDUOS**

Con la intención de minimizar el riesgo de contaminación y debido a la importancia de este apartado se ha redactado el *Anexo 10. Gestión de residuos*.

## **5.6 INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA**

Al finalizar la obra, se llevará a cabo una campaña exhaustiva de limpieza, retirando los restos de la obra y desmantelando todas las instalaciones temporales que se hubieran habilitado.

## **5.7 REVEGETACIÓN**

Una vez finalizada la obra y desmanteladas tanto instalaciones temporales como accesos, se procederá a una revegetación de la zona, para evitar el contraste y deterioro de la misma.

## 6 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El alcance del Programa de Vigilancia Ambiental viene establecido en la legislación de Evaluación de Impacto Ambiental según los artículos 51 y 52 de la ley 21/2013, en el que se indica que se establecerá un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas protectoras y correctoras contenidas en el estudio de impacto ambiental.

Los objetivos del programa de vigilancia ambiental se establecen en el anexo VI de la ley, y son los siguientes:

### a) Vigilancia ambiental durante la fase de obras:

- Detectar y corregir desviaciones, con relevancia ambiental, respecto a lo proyectado en el proyecto de construcción.
- Supervisar la correcta ejecución de las medidas ambientales.
- Determinar la necesidad de suprimir, modificar o introducir nuevas medidas.
- Seguimiento de la evolución de los elementos ambientales relevantes.
- Alimentar futuros estudios de impacto ambiental.

### b) Seguimiento ambiental durante la fase de explotación. El estudio de impacto ambiental justificará la extensión temporal de esta fase considerando la relevancia ambiental de los efectos adversos previstos.

- Verificar la correcta evolución de las medidas aplicadas en la fase de obras.
- Seguimiento de la respuesta y evolución ambiental del entorno a la implantación de la actividad.
- Alimentar futuros estudios de impacto ambiental.

## 6.1 FASE DE CONSTRUCCIÓN

Durante la fase de construcción del elemento mecánico, el PVA se ha basado, para el correcto funcionamiento del mismo, sobre los siguientes indicadores de impactos ambientales:

- Seguimiento de las emisiones de polvo
- Seguimiento de las afecciones del suelo
- Seguimiento de las afecciones a la vegetación

### 6.1.1 SEGUIMIENTO DE LAS EMISIONES DE POLVO

Para el seguimiento de las emisiones de polvo, producidas en su mayor parte por la maquinaria que trabaja en las obras del parque, se realizarán visitas periódicas a todas las zonas donde se localicen fuentes emisoras. En esas visitas se observará si se cumplen las medidas adoptadas como son:

- Regar las superficies donde potencialmente puede haber una cantidad superior de polvo.
- Velocidad reducida de los camiones por las pistas.
- Vigilancia de las operaciones de carga, descarga y transporte del material.

La toma de datos se realizará mediante inspecciones visuales periódicas en las que se estimará el nivel de polvo existente en la atmósfera y la direcciones predominante del viento estableciendo cuales son los lugares afectados.

Las inspecciones se realizarán una vez por semana, en las horas del día donde las emisiones de polvo se consideren altas. Como norma general, la primera inspección se realizará antes del comienzo de las actividades para tener un conocimiento de la situación previa y poder realizar comparaciones posteriores.

### **6.1.2 SEGUIMIENTO DE AFECCIONES SOBRE LOS SUELOS**

Las tareas que pueden afectar a los suelos son, sobre todo, la apertura de viales y el despeje y desbroce de todas las superficies necesarias para la ejecución de las obras.

Se realizarán visitas periódicas para poder observar directamente el cumplimiento de las medidas establecidas para minimizar el impacto, evitando que las operaciones se realicen fuera de las zonas señaladas para ello.

Durante las visitas se observará:

- La vigilancia en el desbroce inicial, desmontes y cualquier otro movimiento de tierra para minimizar el fenómeno de la erosión y evitar la posible inestabilidad de los terrenos.
- Modelado de las escombreras para que, una vez finalizadas las extracciones y vertidos, la unidad paisajística no se vea muy modificada.
- Acopio de la tierra vegetal de forma que posteriormente se utilice para la regeneración de escombreras, viales o cualquier superficie que sea necesario acondicionar. Los acopios se deberán realizar en los lugares indicados y que corresponden a las zonas menos sensibles del territorio. Los montículos de tierra no superarán en ningún caso el metro y medio de altura, para evitar la pérdida de las características de la tierra.

Los posibles cambios detectados en el entorno del parque se registrarán y analizarán para adoptar en cada caso las medidas correctoras necesarias. Se realizará un estudio detectando de la zona afectada, adoptando nuevos diseños, los cuales se intentarán ejecutar con la mayor brevedad posible.

### **6.1.2 SEGUIMIENTO DE LAS AFECCIONES A LA FLORA Y LA FAUNA**

Se seguirá el control de las medidas elegidas para la minimización de los impactos a la flora y fauna del lugar afectado por las obras del proyecto.

Si se detectara alguna nueva afección a la vegetación o a la o a la fauna del entorno, se procedería al estudio de esta y a la adopción de nuevas medidas correctoras para intentar paliar los problemas encontrados.

## **6.2 FASE DE FUNCIONAMIENTO**

Durante la fase de funcionamiento los aspectos a tener en cuenta en el PVA de este proyecto son los siguientes:

- Seguimiento de las actuaciones contempladas tras la finalización de la obra.

### **6.2.1 SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES CONTEMPLADAS TRAS LA FINALIZACIÓN DE LA OBRA**

Se realizará un control de las actuaciones que se realicen a posteriori de la obra. Las tareas a realizar en este seguimiento y control son:

- Seguimiento y vigilancia de las revegetaciones. Se analizarán todas las zonas donde se han realizado actuaciones indicando la situación en la que se encuentran las plantaciones.
- El mantenimiento durante el periodo de garantía de todas las revegetaciones realizadas, de forma que se produzca una integración de las zonas afectadas con el paisaje circundante.
- La correcta limpieza de los restos de las obras en los tajos.

## **6.3 PRESENTACIÓN DE INFORMES SOBRE EL DESARROLLO DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL**

Cada mes, desde la fecha del comienzo de la obra, se presentará un informe sobre el desarrollo del PVA y sobre el grado de eficacia y cumplimiento de las medidas correctoras y protectoras adoptadas en este estudio. Estos informes concretarán los siguientes puntos:

- Seguimiento de las medidas medioambientales.
- Correlación de los datos existentes entre las distintas actividades de la obra y los efectos e impactos que se van produciendo.
- Eficacia real observada de las medidas correctoras adoptadas tras la fase de obras.

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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA  
**ANEXO 14. PLAN DE OBRA**

## ÍNDICE

|   |            |
|---|------------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>                   | <b>377</b> |
| <b>2 OBJETIVO .....</b>                       | <b>378</b> |
| <b>3 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES .....</b> | <b>379</b> |
| <b>4 DIAGRAMA DE GANTT .....</b>              | <b>381</b> |



## 1 INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se presentará un programa de trabajos que mostrará el desarrollo secuencial de las principales actividades de la obra. El planteamiento del programa se corresponde con un desarrollo ideal de la obra, algo que en la práctica puede ser fácilmente alterado por distintos factores.

Por tanto, el programa presentado a continuación debe ser considerado orientativo, ya que su fijación a nivel de detalle corresponderá al adjudicatario de la obra, no teniendo así carácter vinculante para el contratista.

## 2 OBJETIVO

El objetivo de este programa es establecer unas condiciones de contorno temporales que, desde el punto de vista del proyectista, se consideran razonables para la ejecución de las obras proyectadas.

La planificación de las obras busca lo siguiente:

- Garantizar la viabilidad de la obra desde el punto de vista técnico
- Evitar interferencias entre los diferentes trabajos que se van a realizar
- Adelantar, en medida de lo posible, la ejecución de los tajos de mayor dificultad, con el fin de evitar retrasos en la finalización de las obras debidos a complicaciones en los mismos.

Cabe mencionar que los plazos expuestos se basan en la observación de proyectos similares.

### 3 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

A continuación, se enumerarán las actividades con las que se realizará el diagrama de planificación.

Se han tenido en cuenta los festivos correspondientes al País Vasco del año 2020, que son:

- 19 de marzo: San José
- 9 de abril: Jueves Santo
- 10 de abril: Viernes Santo
- 13 de abril: Lunes de Pascua

Para minimizar todo lo posible la ejecución de la obra, se ha tratado de establecer simultaneidad entre actividades que puedan desarrollarse al mismo tiempo.

Las actividades son las siguientes:

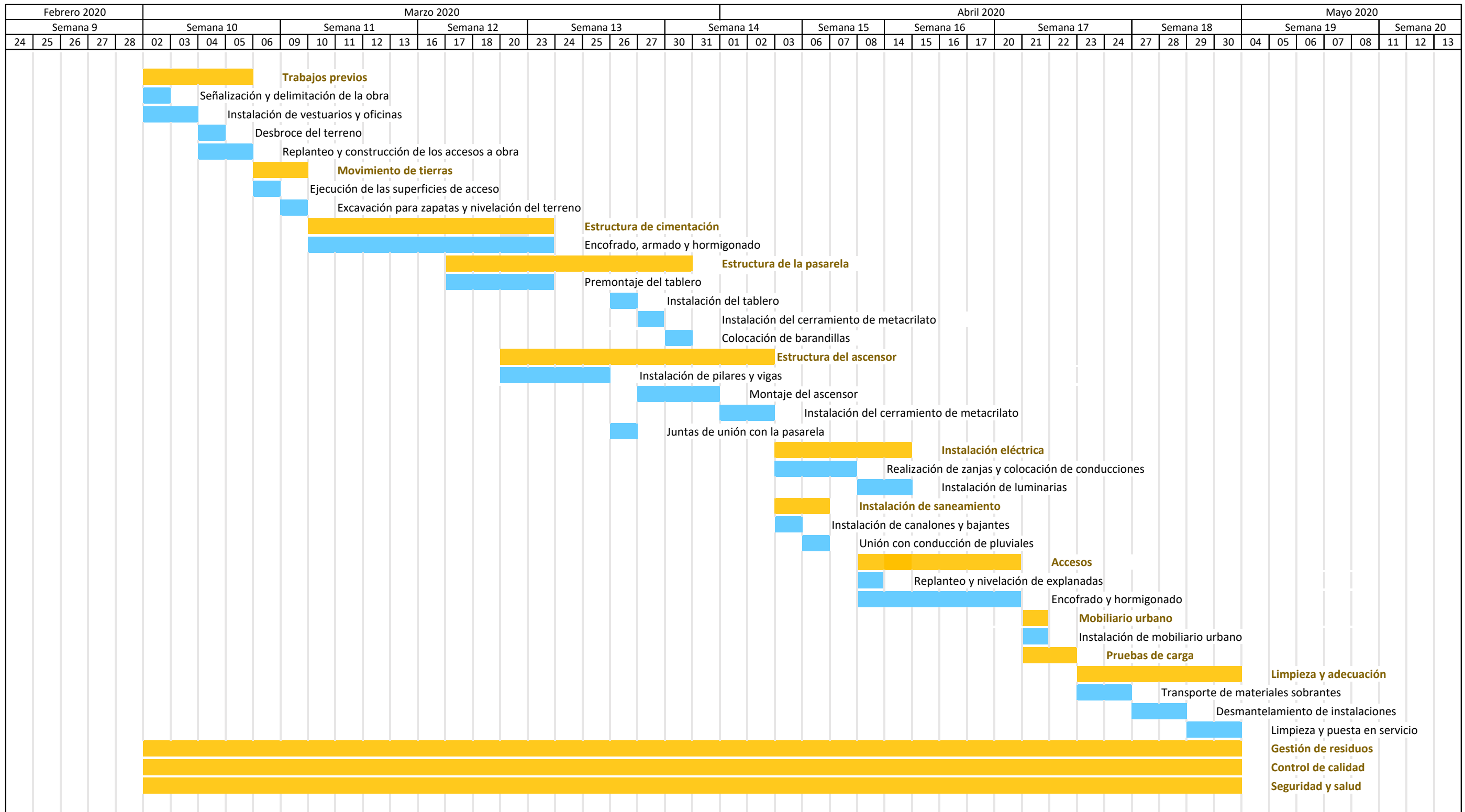
| NOMBRE DE LA TAREA  | INICIO     | FIN        | DÍAS DE TRABAJO |
|---|------------|------------|-----------------|
| <b>Tarea 1. Trabajos previos</b>                                      | 02/03/2020 | 05/03/2020 | 4 día(s)        |
| <b>Subtarea 1.1. Señalización y delimitación de la obra.</b>          | 02/03/2020 | 02/03/2020 | 1 día(s)        |
| <b>Subtarea 1.2. Instalación de vestuarios y oficinas.</b>            | 02/03/2020 | 03/03/2020 | 2 día(s)        |
| <b>Subtarea 1.3. Desbroce del terreno.</b>                            | 04/03/2020 | 04/03/2020 | 1 día(s)        |
| <b>Subtarea 1.4. Replanteo y construcción de los accesos a obra.</b>  | 04/03/2020 | 05/03/2020 | 2 día(s)        |
| <b>Tarea 2. Movimiento de tierras</b>                                 | 06/03/2020 | 09/03/2020 | 2 día(s)        |
| <b>Subtarea 2.1. Ejecución de las superficies de acceso</b>           | 06/03/2020 | 06/03/2020 | 1 día(s)        |
| <b>Subtarea 2.2. Excavación para zapatas y nivelación del terreno</b> | 09/03/2020 | 09/03/2020 | 1 día(s)        |
| <b>Tarea 3. Estructuras de cimentación</b>                            | 10/03/2020 | 23/03/2020 | 9 día(s)        |
| <b>Subtarea 3.1. Encofrado, armado y hormigonado</b>                  | 10/03/2020 | 23/03/2020 | 9 día(s)        |
| <b>Tarea 4. Estructura de la pasarela</b>                             | 17/03/2020 | 30/03/2020 | 9 día(s)        |
| <b>Subtarea 4.1. Premontaje del tablero</b>                           | 17/03/2020 | 23/03/2020 | 4 día(s)        |
| <b>Subtarea 4.2. Instalación del tablero</b>                          | 26/03/2020 | 26/03/2020 | 1 día(s)        |
| <b>Subtarea 4.3. Instalación del cerramiento de metacrilato</b>       | 27/03/2020 | 27/03/2020 | 1 día(s)        |
| <b>Subtarea 4.4. Colocación de barandillas</b>                        | 30/03/2020 | 30/03/2020 | 1 día(s)        |
| <b>Tarea 5. Estructura del ascensor</b>                               | 20/03/2020 | 02/04/2020 | 10 día(s)       |

|   |                   |                   |                  |
|---|-------------------|-------------------|------------------|
| <b>Subtarea 5.1. Instalación de pilares y vigas</b>                             | 20/03/2020        | 25/03/2020        | 4 día(s)         |
| <b>Subtarea 5.2. Montaje del ascensor</b>                                       | 27/03/2020        | 31/03/2020        | 3 día(s)         |
| <b>Subtarea 5.3. Instalación del cerramiento de metacrilato</b>                 | 01/04/2020        | 02/04/2020        | 2 día(s)         |
| <b>Subtarea 5.4. Juntas de unión con la pasarela</b>                            | 26/03/2020        | 26/03/2020        | 1 día(s)         |
| <b>Tarea 6. Instalación eléctrica</b>   | 03/04/2020        | 14/04/2020        | 5 día(s)         |
| <b>Subtarea 6.1. Realización de zanjas y colocación de conducciones</b>         | 03/04/2020        | 07/04/2020        | 3 día(s)         |
| <b>Subtarea 6.2. Instalación de luminarias</b>                                  | 08/04/2020        | 14/04/2020        | 2 día(s)         |
| <b>Tarea 7. Instalación de saneamiento</b>                                      | 03/04/2020        | 06/04/2020        | 2 día(s)         |
| <b>Subtarea 7.1. Instalación de canalones y bajantes</b>                        | 03/04/2020        | 03/04/2020        | 1 día(s)         |
| <b>Subtarea 7.2. Unión con la conducción de pluviales</b>                       | 06/04/2020        | 06/04/2020        | 1 día(s)         |
| <b>Tarea 8. Accesos</b>   | 08/04/2020        | 20/04/2020        | 6 día(s)         |
| <b>Subtarea 8.1. Replanteo y nivelación de explanadas</b>                       | 08/04/2020        | 08/04/2020        | 1 día(s)         |
| <b>Subtarea 8.2. Encofrado y hormigonado</b>                                    | 08/04/2020        | 20/04/2020        | 6 día(s)         |
| <b>Tarea 9. Mobiliario urbano</b>   | 21/04/2020        | 21/04/2020        | 1 día(s)         |
| <b>Subtarea 9.1. Instalación de mobiliario urbano</b>                           | 21/04/2020        | 21/04/2020        | 1 día(s)         |
| <b>Tarea 10. Pruebas de carga</b>   | 21/04/2020        | 22/04/2020        | 2 día(s)         |
| <b>Tarea 11. Limpieza y adecuación</b>  | 23/04/2020        | 30/04/2020        | 6 día(s)         |
| <b>Subtarea 11.1. Transporte de materiales sobrantes</b>                        | 23/04/2020        | 24/04/2020        | 2 día(s)         |
| <b>Subtarea 11.2. Desmantelamiento de las instalaciones de los trabajadores</b> | 27/04/2020        | 28/04/2020        | 2 día(s)         |
| <b>Subtarea 11.3. Limpieza y puesta en servicio</b>                             | 29/04/2020        | 30/04/2020        | 2 día(s)         |
| <b>Tarea 12. Gestión de residuos</b>  | 02/03/2020        | 30/04/2020        | 40 día(s)        |
| <b>Tarea 13. Control de calidad</b>   | 02/03/2020        | 30/04/2020        | 40 día(s)        |
| <b>Tarea 14. Seguridad y salud</b>  | 02/03/2020        | 30/04/2020        | 40 día(s)        |
| <b>TOTAL</b>  | <b>02/03/2020</b> | <b>30/04/2020</b> | <b>40 día(s)</b> |

Tabla 14.64. Programación prevista para las distintas actividades. Fuente: autor

Como se puede observar en la *Tabla 14.1*, la duración total de la obra sería de 40 días de trabajo, que, teniendo en cuenta los festivos mencionados, se traducen en 60 días naturales, comprendidos entre el 2 de marzo y el 30 de abril.

## 4 DIAGRAMA DE GANTT



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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA

**ANEXO 15. CLASIFICACIÓN DEL  
CONTRATISTA**

## ÍNDICE

|   |            |
|---|------------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>   | <b>384</b> |
| <b>2 GRUPOS, SUBGRUPOS Y CATEGORÍAS EN LA CLASIFICACIÓN DE CONTRATISTAS .....</b> | <b>385</b> |
| <b>2.1 GRUPOS Y SUBGRUPOS EN LA CLASIFICACIÓN DE CONTRATISTAS DE OBRAS .....</b>  | <b>385</b> |
| <b>2.2 CLASIFICACIÓN EN GRUPOS .....</b>  | <b>387</b> |
| <b>2.3 CLASIFICACIÓN EN SUBGRUPOS .....</b>                                       | <b>388</b> |
| <b>2.4 CATEGORÍAS DE CLASIFICACIÓN DE LOS CONTRATOS DE OBRAS.....</b>             | <b>389</b> |
| <b>2.5 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN.....</b>  | <b>391</b> |
| <b>2.5.1 ÍNDICE DE TECNICIDAD .....</b>   | <b>391</b> |
| <b>2.5.2 ÍNDICE DE MECANIZACIÓN .....</b>   | <b>393</b> |
| <b>2.5.3 ÍNDICE FINANCIERO .....</b>  | <b>393</b> |
| <b>2.5.4 EXPERIENCIA CONSTRUCTIVA GENERAL .....</b>                               | <b>394</b> |
| <b>3 CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA.....</b>                                       | <b>395</b> |
| <b>3.1 PLAZO DE EJECUCIÓN ESTIMADO .....</b>                                      | <b>395</b> |
| <b>3.2 PRESUPUESTO POR PARTIDAS.....</b>  | <b>395</b> |

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente anexo tiene como objeto definir la clasificación del contratista.

Para contratar con la Administración la ejecución de obras de presupuesto superior a 500.000€ es requisito indispensable que el contratista haya obtenido previamente la correspondiente clasificación la cual irá en función de la capacidad técnica, económica y financiera del contratista.

Para la conservación de la clasificación deberá justificarse anualmente el mantenimiento de la solvencia económica y financiera y, cada tres años, el de la solvencia técnica y profesional, a cuyo efecto el empresario aportará la correspondiente declaración responsable o en su defecto la documentación actualizada en los términos que se establezcan reglamentariamente.



## 2 GRUPOS, SUBGRUPOS Y CATEGORÍAS EN LA CLASIFICACIÓN DE CONTRATISTAS

La clasificación se materializa en unos Grupos y Subgrupos, con un carácter predominantemente técnico, y en las llamadas Categorías en las que se refleja el volumen anual de obra a ejecutar.

En el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares deberá constar a qué grupo deberán pertenecer los contratistas para acudir a la licitación, así como en que categoría deben estar registrados.

La ley de Contratos con la Administración establece once grupos distintos divididos a su vez en una serie de subgrupos. El contratista clasificado en un grupo determinado podrá acudir a los contratos en los que se requiere clasificación en cualquiera de los subgrupos, con las reservas que puedan establecerse en el grupo de Obras Especiales en los que nos cabe una clasificación general.

### 2.1 GRUPOS Y SUBGRUPOS EN LA CLASIFICACIÓN DE CONTRATISTAS DE OBRAS

Según la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, los grupos y subgrupos de aplicación para la clasificación de empresas en los contratos de obras, a los efectos previstos en el artículo 25, son los siguientes:

#### GRUPO A. Movimiento de tierras y perforaciones

- Subgrupo 1. Desmontes y vaciados
- Subgrupo 2. Explanaciones.
- Subgrupo 3. Canteras.
- Subgrupo 4. Pozos y galerías.
- Subgrupo 5. Túneles.

#### GRUPO B. Puentes, viaductos y grandes estructuras

- Subgrupo 1. De fábrica u hormigón en masa.
- Subgrupo 2. De hormigón armado.
- Subgrupo 3. De hormigón pretensado.
- Subgrupo 4. Metálicos.

#### GRUPO C. Edificaciones

- Subgrupo 1. Demoliciones.
- Subgrupo 2. Estructuras de fábrica u hormigón.
- Subgrupo 3. Estructuras metálicas.

- Subgrupo 4. Albañilería, revocos y revestidos.
- Subgrupo 5. Cantería y marmolería.
- Subgrupo 6. Pavimentos, solados y alicatados.
- Subgrupo 7. Aislamientos e impermeabilizaciones.
- Subgrupo 8. Carpintería de madera.
- Subgrupo 9. Carpintería metálica.

#### GRUPO D. Ferrocarriles

- Subgrupo 1. Tendido de vías.
- Subgrupo 2. Elevados sobre carril o cable.
- Subgrupo 3. Señalizaciones y enclavamientos.
- Subgrupo 4. Electrificación de ferrocarriles.
- Subgrupo 5. Obras de ferrocarriles sin cualificación específica.

#### GRUPO E. Hidráulicas

- Subgrupo 1. Abastecimientos y saneamientos.
- Subgrupo 2. Presas.
- Subgrupo 3. Canales.
- Subgrupo 4. Acequias y desagües.
- Subgrupo 5. Defensas de márgenes y encauzamientos.
- Subgrupo 6. Conducciones con tubería de presión de gran diámetro.
- Subgrupo 7. Obras hidráulicas sin cualificación específica.

#### GRUPO F. MARÍTIMAS

- Subgrupo 1. Dragados.
- Subgrupo 2. Escolleras.
- Subgrupo 3. Con bloques de hormigón.
- Subgrupo 4. Con cajones de hormigón armado.
- Subgrupo 5. Con pilotes y tablestacas.
- Subgrupo 6. Faros, radiofaros y señalizaciones marítimas.
- Subgrupo 7. Obras marítimas sin cualificación específica.
- Subgrupo 8. Emisarios submarinos.

#### GRUPO G. VIALES Y PISTAS

- Subgrupo 1. Autopistas, autovías.
- Subgrupo 2. Pistas de aterrizaje.
- Subgrupo 3. Con firmes de hormigón hidráulico.
- Subgrupo 4. Con firmes de mezclas bituminosas.
- Subgrupo 5. Señalizaciones y balizamientos viales.

- Subgrupo 6. Obras viales sin cualificación específica.

#### GRUPO H. TRANSPORTES DE PRODUCTOS PETROLÍFEROS Y GASEOSOS

- Subgrupo 1. Oleoductos.
- Subgrupo 2. Gasoductos.

#### GRUPO I. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- Subgrupo 1. Alumbrados, iluminaciones y balizamientos luminosos.
- Subgrupo 2. Centrales de producción de energía.
- Subgrupo 3. Líneas eléctricas de transporte.
- Subgrupo 4. Subestaciones.
- Subgrupo 5. Centros de transformación y distribución en alta tensión.
- Subgrupo 6. Distribución en baja tensión.
- Subgrupo 7. Telecomunicaciones e instalaciones radioeléctricas.
- Subgrupo 8. Instalaciones electrónicas.
- Subgrupo 9. Instalaciones eléctricas sin cualificación específica.

#### GRUPO J. INSTALACIONES MECÁNICAS

- Subgrupo 1. Elevadoras o transportadoras.
- Subgrupo 2. De ventilación, calefacción y climatización.
- Subgrupo 3. Frigoríficas.
- Subgrupo 4. De fontanería y sanitarias.
- Subgrupo 5. Instalaciones mecánicas sin cualificación específica.

#### GRUPO K. ESPECIALES

- Subgrupo 1. Cimentaciones especiales.
- Subgrupo 2. Sondeos, inyecciones y pilotajes.
- Subgrupo 3. Tablestacados.
- Subgrupo 4. Pinturas y metalizaciones.
- Subgrupo 5. Ornamentaciones y decoraciones.
- Subgrupo 6. Jardinería y plantaciones.
- Subgrupo 7. Restauración de bienes inmuebles histórico-artísticos.
- Subgrupo 8. Estaciones de tratamiento de aguas.
- Subgrupo 9. Instalaciones contra incendios.

## 2.2 CLASIFICACIÓN EN GRUPOS

Según el artículo 28, excepto en los grupos I, J y K, en los que no existirá clasificación en grupo, para que un contratista pueda ser clasificado en un grupo general de tipo de obra será preciso que reúna las condiciones establecidas para su clasificación en aquellos subgrupos del mismo grupo que por su mayor importancia se consideran como básicos, y que son los siguientes:

- En el grupo A, los subgrupos A-2, explanaciones, y A-5, túneles.
- En el grupo B, los subgrupos B-3, de hormigón pretensado y B-4, metálicos.
- En el grupo C, los subgrupos C-2, estructuras de fábrica u hormigón, o C-3, estructuras metálicas, alternativamente, siempre que además acrediten haber ejecutado construcciones de edificios completos con estructura de cualquiera de las dos clases a que se refieren estos subgrupos.
- En el grupo D, los subgrupos D-1, tendido de vías; D-3, señalizaciones y enclavamientos, y D-4, electrificación de ferrocarriles.
- En el grupo E, los subgrupos E-2, presas; E-3, canales. y E-6, conducciones con tubería de presión gran diámetro.
- En el grupo F, los subgrupos F-1, dragados; F-2, escolleras, y F-4, con cajones de hormigón armado.
- En el grupo G, el subgrupo G-1, autopistas, autovías.
- En el grupo H, los subgrupos H-1, oleoductos, o H-2, gasoductos, alternativamente.

## 2.3 CLASIFICACIÓN EN SUBGRUPOS

Según el artículo 27, para que un empresario pueda ser clasificado en un subgrupo de clasificación de contratistas de obras deberá acreditar, por cualquier medio admisible en derecho, que dispone de los medios personales, materiales, organizativos y técnicos necesarios para la ejecución de los trabajos del subgrupo, así como de las habilitaciones o autorizaciones para el ejercicio de la actividad que en su caso se requieran, y será preciso que acredite alguna de las circunstancias siguientes:

- a) Haber ejecutado obras específicas del subgrupo durante el transcurso de los últimos diez años.
- b) Haber ejecutado en el último decenio obras específicas de otros subgrupos afines, del mismo grupo, entendiéndose por subgrupos afines los que presenten analogías en cuanto a ejecución y equipos a emplear.
- c) Haber ejecutado, en el mismo período de tiempo señalado en los apartados anteriores, obras específicas de otros subgrupos del mismo grupo que presenten mayor complejidad en cuanto a ejecución y exijan equipos de mayor importancia, por lo que el subgrupo de que se trate pueda considerarse como dependiente de alguno de aquéllos.
- d) Cuando, sin acreditar haber ejecutado obras específicas del subgrupo en el último decenio, acredite disponer de suficientes medios financieros, de personal experimentado en la ejecución de las obras incluidas en el subgrupo, y de maquinaria o equipos de especial aplicación al tipo de obras incluidas en el subgrupo. A tales efectos, se entenderá que dispone de suficientes medios financieros cuando su patrimonio neto acreditado fehacientemente a la fecha de tramitación del expediente, según el último balance de cuentas aprobadas, supere los importes fijados en la letra

d del apartado 1 del artículo 35 para la máxima categoría de clasificación que pueda llegar a obtener en cualquiera de los grupos y subgrupos solicitados.

## 2.4 CATEGORÍAS DE CLASIFICACIÓN DE LOS CONTRATOS DE OBRAS

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.

El artículo 29, que trata sobre la asignación de categorías de clasificación, dicta lo siguiente:

1. La asignación a un empresario de una categoría de clasificación en un determinado grupo o subgrupo exigirá que el empresario acredite su solvencia económica y financiera en los términos establecidos en este reglamento, y que demuestre su capacidad técnica y profesional para la ejecución de los contratos correspondientes a dicho grupo o subgrupo.
2. La categoría asignada al empresario en un subgrupo de clasificación respecto del cual cumpla con los requisitos establecidos en el apartado anterior será fijada tomando como base el mayor de los siguientes valores:
  - a. El máximo importe anual ejecutado por el contratista en el último decenio en una obra correspondiente al subgrupo.
  - b. El importe máximo ejecutado durante cualquiera de los diez últimos años naturales vencidos, o durante el año en curso si fuera superior, en un máximo de seis obras del subgrupo.

A estos efectos, las obras ejecutadas por una sociedad extranjera filial del contratista de obras tendrán la misma consideración que las directamente ejecutadas por el propio contratista, siempre que este último ostente directa o indirectamente el control de aquella en los términos establecidos en el artículo 42 del Código de Comercio. Cuando se trate de obras ejecutadas por una sociedad extranjera participada por el contratista sin que se cumpla dicha condición, solo se reconocerá como experiencia atribuible al contratista la obra ejecutada por la sociedad participada en la proporción de la participación de aquél en el capital social de esta.

3. La cifra básica así obtenida podrá ser mejorada en los porcentajes que a continuación se señalan:
  - a. Un 20 por 100 fijo, de aplicación general a todos los contratistas, en concepto de natural expansión de las empresas.
  - b. Hasta un 50 por 100 según cuál sea el número y categoría profesional de su personal directivo y técnico en su relación con el importe anual medio de obra ejecutada en el último quinquenio. También será tomada en consideración, en su caso, la asistencia técnica contratada.
  - c. Hasta un 70 por 100 en función del importe actual de su parque de maquinaria relacionado también con el importe anual medio de la obra ejecutada en el último quinquenio. Serán también considerados los importes pagados por el concepto de alquiler de maquinaria.
  - d. Hasta un 80 por 100 como consecuencia de la relación que exista entre el importe medio anual del patrimonio neto en los tres últimos ejercicios y el importe, también medio anual, de la obra ejecutada en el último quinquenio.
  - e. Hasta un 100 por 100 dependiente del número de años de experiencia constructiva del contratista o de los importes de obra ejecutada en el último quinquenio.
  - f. Todos los porcentajes que correspondan aplicar operarán directamente sobre la base, por lo que el mínimo aumento que ésta podrá experimentar será de un 20 por 100 y el máximo de un 320 por 100.
4. En los casos comprendidos en el párrafo d) del artículo 27, solo podrá otorgarse la clasificación con la categoría 1.
5. La categoría obtenida directamente en un subgrupo se hará extensiva a todos los subgrupos afines o dependientes del mismo.
6. La categoría en un grupo será una resultante de las obtenidas en los subgrupos básicos del mismo, deducida en la forma siguiente:
  - a. Si el número de subgrupos básicos de un grupo no es superior a dos, la categoría en el grupo será la mínima obtenida en aquellos subgrupos.
  - b. Si el número de subgrupos básicos de un grupo es superior a dos, la categoría en el grupo será la mínima de las obtenidas en los dos subgrupos en los que haya alcanzado las más elevadas.

7. La categoría obtenida en un grupo dará lugar a la clasificación con igual categoría en todos los subgrupos del mismo, salvo que le hubiera correspondido directamente otra mayor en alguno de ellos, en cuyos casos les serán estas mantenidas.

## 2.5 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN

Según el artículo 30, a efectos de lo dispuesto en el artículo 29 la categoría de la clasificación de cada empresa se determinará en función de la experiencia y del índice propio de la empresa que vendrá dado por el valor obtenido en la siguiente fórmula:

$$I = 1,2 + T + M + F + E$$

Donde:

- I Índice de empresa.
- T Término correspondiente a su índice de tecnicidad.
- M Término correspondiente a su índice de mecanización.
- F Término correspondiente a su índice financiero.
- E Término correspondiente a su experiencia constructiva general.

Este índice de empresa (I) tendrá un valor mínimo de 1,2 y máximo de 4,2 siendo el de los distintos términos que lo componen los deducidos en la forma que se establece en los artículos siguientes.

### 2.5.1 ÍNDICE DE TECNICIDAD

Según dicta el artículo 31:

1. El índice de tecnicidad de una empresa es función dependiente del número y categoría de su personal técnico, tanto el que constituye su plantilla como el representado por la asistencia técnica contratada, y del importe de obra ejecutada.
2. A los efectos de su determinación se establece la siguiente escala de puntos:
  - a. Técnico superior con más de quince años de experiencia profesional, 8 puntos.
  - b. Técnico superior con menos de quince años y más de cinco años de experiencia profesional, 7 puntos.
  - c. Técnico superior con menos de cinco años de experiencia profesional, 6 puntos.
  - d. Técnico medio con más de diez años de experiencia profesional, 5 puntos.
  - e. Técnico medio con menos de diez años de experiencia profesional, 4 puntos.
  - f. Técnico no titulado, 3 puntos.
  - g. Encargado de obras, 2 puntos.
3. Las personas con puesto de Director-Gerente, Director-Técnico o asimilable serán puntuadas como incluidas en la categoría inmediata superior a la que por su propio

título y circunstancias le corresponda o, en otro caso, a la mayor profesional que alcance el personal de su empresa. Si alguno de ésta alcanzase la categoría máxima de 8 puntos, los cargos directivos se puntuarán como 10 y, en ningún caso, merecerán menos de 6 puntos.

4. De no existir técnicos superiores o medios en la empresa, el número de encargados y técnicos no titulados que puntúen no podrá ser superior a 5. De existir aquellos, el número de éstos que puntúen podrá superar la cifra de 5 en la suma del número de técnicos medios multiplicados por dos y del de técnicos superiores multiplicado por tres.
5. La asistencia técnica contratada se computará como un porcentaje de incremento sobre la puntuación total obtenida por el personal de plantilla y será apreciada estimativamente por la Comisión de Clasificación considerando la importancia que esta asistencia puede representar en relación con el personal técnico de que dispone la empresa, con arreglo a la *Tabla 15.1*:

| Importancia de la asistencia técnica contratada | Escasa | Media | Elevada |
|---|--------|-------|---------|
| Porcentaje de incremento en la puntuación       | 5      | 10    | 15      |

*Tabla 15.65. Importancia de la asistencia técnica contratada. Fuente: RD 1098/2001*

6. El índice de tecnicidad (t) vendrá dado por el valor obtenido en la siguiente fórmula:

$$T = (2 \cdot 60,101 \cdot S) / V$$

En la que S es el total de puntos obtenidos por la empresa considerando su propio personal técnico y la asistencia técnica contratada, y V el importe anual medio, en euros, de la obra ejecutada en el último quinquenio.

7. El valor del término correspondiente al índice de tecnicidad (T) que debe ser considerado en la fórmula del artículo 30 es el dado por el siguiente cuadro de correlaciones (*Tabla 15.2*) en el que se establecen cuatro escalas diferentes según cual sea la cuantía del importe anual medio de la obra ejecutada en el último quinquenio (V).

|                       |    |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| V = <900.000          | >  | -   | 1,0 | 1,9 | 2,8 | 3,7 | 4,6 |
|                       | t  |     |     |     |     |     |     |
|                       | =< | 1,0 | 1,9 | 2,8 | 3,7 | 4,6 | -   |
| 900.000 <4.500.000    | >  | -   | 1,0 | 1,8 | 2,6 | 3,4 | 4,2 |
|                       | t  |     |     |     |     |     |     |
|                       | =< | 1,0 | 1,8 | 2,6 | 3,4 | 4,2 | -   |
| 4.500.000 <15.000.000 | >  | -   | 1,0 | 1,6 | 2,2 | 2,8 | 3,4 |
|                       | t  |     |     |     |     |     |     |
|                       | =< | 1,0 | 1,6 | 2,2 | 2,8 | 3,4 | -   |
| V=>15.000.000         | >  | -   | 1,0 | 1,4 | 1,8 | 2,2 | 2,6 |
|                       | t  |     |     |     |     |     |     |
|                       | =< | 1,0 | 1,4 | 1,8 | 2,2 | 2,6 | -   |
|                       | T= | 0   | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |

*Tabla 15.66. Índice de tecnicidad. Fuente: RD 1098/2001*



## 2.5.2 ÍNDICE DE MECANIZACIÓN

Según el artículo 32:

1. El índice de mecanización de una empresa es una función dependiente del valor actual de su parque de maquinaria, del importe pagado en concepto de alquiler de maquinaria, y del importe de obra ejecutada.
2. El índice de mecanización ( $m$ ) vendrá dado por el valor obtenido en la siguiente fórmula:

$$m = (P + 2 \cdot A) / V$$

Siendo:

- P el valor actual del parque de maquinaria propiedad de la empresa y de la que disponga en régimen de arrendamiento financiero.
  - A el importe anual medio pagado por alquiler de maquinaria en el último quinquenio.
  - V el importe anual medio de obra ejecutada en el último quinquenio.
3. El valor máximo correspondiente al índice de mecanización ( $M$ ) que debe ser considerado en la fórmula del artículo 30 es el dado por el siguiente cuadro de correlaciones (*Tabla 15.3*):

|    |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| >  | -    | 0,10 | 0,16 | 0,22 | 0,28 | 0,34 | 0,40 | 0,46 |
| m  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| =< | 0,10 | 0,16 | 0,22 | 0,28 | 0,34 | 0,40 | 0,46 | -    |
| M= | 0,0  | 0,1  | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  |

*Tabla 15.67. Índice de mecanización. Fuente: RD 1098/2001*

## 2.5.3 ÍNDICE FINANCIERO

Según el artículo 33:

1. El índice financiero de una empresa es la relación existente entre el importe anual medio de sus fondos propios en el último trienio ( $C$ ) y el importe anual medio de la obra ejecutada en el último quinquenio ( $V$ ), por lo que vendrá dado por el valor obtenido en la siguiente fórmula:

$$f = C / V$$

2. El valor del término correspondiente al índice de financiación ( $F$ ) que debe ser considerado en la fórmula del artículo 30 es el dado por el siguiente cuadro de correlaciones (*Tabla 15.4*):

|    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| >  | -    | 0,20 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | 0,40 | 0,44 | 0,48 |
| f  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| =< | 0,20 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | 0,40 | 0,44 | 0,48 | -    |
| F= | 0,0  | 0,1  | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  |

Tabla 15.68. Índice de financiación. Fuente: RD 1098/2001

## 2.5.4 EXPERIENCIA CONSTRUCTIVA GENERAL

Según el artículo 34, el término de la experiencia constructiva general de la empresa (E) que debe ser considerado en la fórmula del artículo 30 será el mayor que corresponda considerando, bien sus años de antigüedad en el trabajo de la construcción, bien el importe total de obra ejecutada en el último quinquenio, con arreglo al siguiente cuadro (Tabla 15.5):

|   |    |           |           |           |            |            |            |
|---|----|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| Años de experiencia                               | >  | -         | 2         | 5         | 10         | 15         | 20         |
|   | =< | 2         | 5         | 10        | 15         | 20         | -          |
| Importe de obra ejecutada en el último quinquenio | >  | -         | 1.500.000 | 4.500.000 | 7.500.000  | 10.500.000 | 13.500.000 |
|   | =< | 1.500.000 | 4.500.000 | 7.500.000 | 10.500.000 | 13.500.000 | -          |
| E   | =  | 0         | 0,2       | 0,4       | 0,6        | 0,8        | 1          |

Tabla 15.69. Experiencia constructiva general. Fuente: RD 1098/2001

### 3 CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA

#### 3.1 PLAZO DE EJECUCIÓN ESTIMADO

Tal y como se indica en el *Anexo 14: Plan de Obra*, el plazo estimado de ejecución de la obra es de 60 días naturales.

#### 3.2 PRESUPUESTO POR PARTIDAS

El presupuesto de ejecución material de la obra asciende a la cantidad de 138.984,60 €.

Tal y como dicta la norma, se exige la clasificación del contratista por la Administración cuando el importe de la obra parcial sea superior al 20% del precio total del contrato.

##### CLASIFICACIÓN PARA MOVIMIENTOS DE TIERRAS

| Grupo | Subgrupo | EM (€)   | %    | Categoría |
|-------|----------|----------|------|-----------|
| A     | 2        | 6.771,21 | 4,87 | A         |

*Tabla 15.70. Clasificación para movimiento de tierras. Fuente: autor*

##### CLASIFICACIÓN PARA PUENTES, VIADUCTOS Y GRANDES ESTRUCTURAS

| Grupo | Subgrupo | EM (€)    | %     | Categoría |
|-------|----------|-----------|-------|-----------|
| B     | 4        | 18.294,64 | 13,16 | B         |

*Tabla 15.71. Clasificación para puentes, viaductos y grandes estructuras. Fuente: autor*

##### CLASIFICACIÓN PARA EDIFICACIONES

| Grupo | Subgrupo | EM (€)    | %     | Categoría |
|-------|----------|-----------|-------|-----------|
| C     | 2,3,6,9  | 42.387,59 | 30,50 | C         |

*Tabla 15.72. Clasificación para edificaciones. Fuente: autor*

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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA  
**ANEXO 16. DECLARACIÓN DE  
OBRA COMPLETA**

## ÍNDICE

|  |            |
|--|------------|
| <b>1. DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA .....</b> | <b>398</b> |
|--|------------|

## 1. DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA

De acuerdo con la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de contratos del sector público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014, se manifiesta que el presente Proyecto comprende una obra completa en el sentido exigido de dicha Ley, ya que comprende todos y cada uno de los elementos que son precisos para la utilización de las obras, siendo susceptibles de ser entregados al uso público, sin interrumpir ningún servicio que afecte a terceros.

Considerando que el presente proyecto se ha redactado de acuerdo con las Normativas Técnicas y Administrativas vigentes, y que con los documentos que integran este Proyecto se encuentran detallados todos los elementos que lo componen, se somete a la consideración de la Administración.

Barakaldo, febrero de 2020

POR EL AUTOR



Firmado: Eric López Villarragut

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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA  
**ANEXO 17. JUSTIFICACIÓN DE  
PRECIOS**

## ÍNDICE

|  |            |
|--|------------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>            | <b>401</b> |
| <b>2 JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.....</b> | <b>401</b> |



## 1 INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se justificarán los precios utilizados para la elaboración del presupuesto.

Los precios utilizados corresponden en su mayoría al “Generador de precios de la construcción” de la empresa CYPE Ingenieros, mientras que el resto han sido obtenidos de la consulta a distintas empresas.

## 2 JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

| CÓDIGO                                   | UD | RESUMEN  | PRECIO |
|--|----|--|--------|
| <b>CAPÍTULO 01 DEMOLICIONES</b>          |    |  |        |
| 01.01                                    | m2 | Demolición de pavimento exterior de baldosas y/o losetas de hormigón | 3,49   |
|  |    | TRES EUROS con CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS                             |        |
| <b>CAPÍTULO 02 ACTUACIONES PREVIAS</b>   |    |  |        |
| 02.01                                    | m  | Levantado de vallados ligeros a mano                                 | 9,33   |
|  |    | NUEVE EUROS con TREINTA Y TRES CÉNTIMOS                              |        |
| 02.02                                    | m2 | Desbroce y limpieza superficial del terreno por medios mecánicos     | 1,00   |
|  |    | UN EURO  |        |
| <b>CAPÍTULO 03 MOVIMIENTO DE TIERRAS</b> |    |  |        |
| 03.01                                    | m3 | Desmante en tierra, con empleo de medios mecánicos                   | 1,87   |
|  |    | UN EUROS con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS                                |        |
| 03.02                                    | m3 | Terraplenado con material de la propia excavación                    | 9,14   |
|  |    | NUEVE EUROS con CATORCE CÉNTIMOS                                     |        |
| 03.03                                    | m3 | Terraplenado con material de aportación                              | 19,18  |
|  |    | DIECINUEVE EUROS con DIECIOCHO CÉNTIMOS                              |        |
| 03.04                                    | m3 | Excavación a cielo abierto, con medios mecánicos                     | 5,40   |
|  |    | CINCO EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS                                    |        |
| 03.05                                    | m3 | Transporte de tierras dentro de la obra                              | 1,83   |
|  |    | UN EUROS con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS                                 |        |
| <b>CAPÍTULO 04 CIMENTACIÓN</b>           |    |  |        |
| 04.01                                    | m3 | Losa de cimentación del ascensor                                     | 175,85 |
|  |    | CIENTO SETENTA Y CINCO EUROS con OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS            |        |

| CÓDIGO | UD | RESUMEN   | PRECIO |
|--------|----|---|--------|
| 04.02  | m2 | Sistema de encofrado para losa de cimentación (ascensor)  | 20,34  |
|        |    | VEINTE EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS                |        |
| 04.03  | m3 | Hormigón de limpieza (ascensor)                           | 75,02  |
|        |    | SETENTA Y CINCO EUROS con DOS CÉNTIMOS                    |        |
| 04.04  | m3 | Losa de cimentación de la pasarela                        | 175,85 |
|        |    | CIENTO SETENTA Y CINCO EUROS con OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS |        |
| 04.05  | m2 | Sistema de encofrado para losa de cimentación (pasarela)  | 20,34  |
|        |    | VEINTE EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS                |        |
| 04.06  | m3 | Hormigón de limpieza (pasarela)                           | 75,02  |
|        |    | SETENTA Y CINCO EUROS con DOS CÉNTIMOS                    |        |

## CAPÍTULO 05 ESTRUCTURA METÁLICA

### SUBCAPÍTULO 05.01 ESTRUCTURA DEL ASCENSOR

|          |    |  |       |
|----------|----|--|-------|
| 05.01.01 | kg | Acero S275JR en estructura soldada     | 1,65  |
|          |    | UN EUROS con SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS  |       |
| 05.01.02 | kg | Acero S275JR en vigas                  | 1,58  |
|          |    | UN EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS |       |
| 05.01.03 | kg | Acero S275JR en pilares                | 1,60  |
|          |    | UN EUROS con SESENTA CÉNTIMOS          |       |
| 05.01.04 | ud | Placa de anclaje de acero              | 21,13 |
|          |    | VEINTIUN EUROS con TRECE CÉNTIMOS      |       |

### SUBCAPÍTULO 05.02 ESTRUCTURA DE LA PASARELA

|          |    |  |      |
|----------|----|--|------|
| 05.02.01 | kg | Acero S275JR en estructura soldada     | 1,65 |
|          |    | UN EUROS con SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS  |      |
| 05.02.02 | kg | Acero S275JR en vigas                  | 1,58 |
|          |    | UN EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS |      |
| 05.02.03 | kg | Acero S275JR en pilares                | 1,60 |
|          |    | UN EUROS con SESENTA CÉNTIMOS          |      |

| CÓDIGO  | UD | RESUMEN  | PRECIO |
|---|----|--|--------|
| 05.02.04  | ud | Placa de anclaje de acero                                    | 21,13  |
| VEINTIUN EUROS con TRECE CÉNTIMOS                     |    |  |        |
| <b>CAPÍTULO 06 PAVIMENTOS Y ACABADOS</b>              |    |  |        |
| 06.01   | m2 | Tarima para exterior de madera de cumarú                     | 123,94 |
| CIENTO VEINTITRES EUROS con NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS |    |  |        |
| 06.02   | m2 | Pavimento continuo de microcemento "MICROESTIL" en acc. inf. | 54,75  |
| CINCUENTA Y CUATRO EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS |    |  |        |
| 06.03   | m2 | Pavimento continuo de microcemento "MICROESTIL" en acc. sup. | 54,75  |
| CINCUENTA Y CUATRO EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS |    |  |        |
| 06.04   | m2 | Panel de metacrilato en estructura del ascensor              | 20,87  |
| VEINTE EUROS con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS             |    |  |        |
| 06.05   | m2 | Panel de metacrilato en estructura de la pasarela            | 20,87  |
| VEINTE EUROS con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS             |    |  |        |
| 06.06   | m2 | Lasur sintético  | 17,45  |
| DIECISIETE EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS        |    |  |        |
| 06.07   | m2 | Esmalte sobre estructura de acero                            | 15,06  |
| QUINCE EUROS con SEIS CÉNTIMOS                        |    |  |        |
| 06.08   | m2 | Pintura plástica   | 18,17  |
| DIECIOCHO EUROS con DIECISIETE CÉNTIMOS               |    |  |        |
| 06.09   | m  | Pasamanos de aluminio pulido                                 | 25,46  |
| VEINTICINCO EUROS con CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS        |    |  |        |
| <b>CAPÍTULO 07 DRENAJE Y SANEAMIENTO</b>              |    |  |        |
| 07.01   | m  | Bajante circular de PVC Ø80mm                                | 12,52  |
| DOCE EUROS con CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS               |    |  |        |
| 07.02   | m  | Canalón circular de PVC Ø125mm                               | 13,28  |
| TRECE EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS                   |    |  |        |

| CÓDIGO                                   | UD | RESUMEN  | PRECIO    |
|--|----|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 08 INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b> |    |  |           |
| 08.01                                    | ud | Luminaria BBP623 GC-AS   | 719,00    |
|  |    | SETECIENTOS DIECINUEVE EUROS   |           |
| 08.02                                    | ud | Luminaria BGP 490 T25  | 791,00    |
|  |    | SETECIENTOS NOVENTA Y UN EUROS   |           |
| 08.03                                    | ud | Luminaria BGP491 T25   | 947,00    |
|  |    | NOVECIENTOS CUARENTA Y SIETE EUROS   |           |
| 08.04                                    | ud | Luminaria BGP340   | 703,00    |
|  |    | SETECIENTOS TRES EUROS   |           |
| 08.05                                    | ud | Farola para alumbrado público  | 193,14    |
|  |    | CIENTO NOVENTA Y TRES EUROS con CATORCE CÉNTIMOS                                 |           |
| 08.06                                    | ud | Ascensor Orona 3G 1010   | 24.358,77 |
|  |    | VEINTICUATRO MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS con SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS |           |
| 08.07                                    | m  | Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP"                               | 2,83      |
|  |    | DOS EUROS con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS  |           |
| 08.08                                    | ud | Toma de tierra de alumbrado público con electrodo                                | 154,25    |
|  |    | CIENTO CINCUENTA Y CUATRO EUROS con VEINTICINCO CÉNTIMOS                         |           |
| 08.09                                    | m  | Cablé para transmisión de datos, señales analógicas y digitales                  | 0,84      |
|  |    | CERO EUROS con OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS   |           |
| <b>CAPÍTULO 09 MOBILIARIO URBANO</b>     |    |  |           |
| 09.01                                    | ud | Banco CIEZA MB076  | 218,00    |
|  |    | DOSCIENTOS DIECIOCHO EUROS   |           |
| 09.02                                    | m  | Barandilla BRISA MC030   | 67,00     |
|  |    | SESENTA Y SIETE EUROS  |           |
| 09.03                                    | ud | Papelera abatible MP039  | 73,00     |
|  |    | SETENTA Y TRES EUROS   |           |

| CÓDIGO                                 | UD | RESUMEN  | PRECIO    |
|--|----|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 10 GESTIÓN DE RESIDUOS</b> |    |  |           |
| 10.02                                  | ud | Alquiler de contenedor RCD 4m3 y transporte a vertedero específico | 93,46     |
|  |    | NOVENTA Y TRES EUROS con CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS                  |           |
| 10.03                                  | ud | Canon de vertido por entrega de tierras a gestor autorizado        | 14,36     |
|  |    | CATORCE EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS                          |           |
| 10.04                                  | ud | Bidón de residuos peligrosos 100L                                  | 61,85     |
|  |    | SESENTA Y UN EUROS con OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS                    |           |
| 10.05                                  | ud | Transporte de bidón de residuos peligrosos                         | 87,23     |
|  |    | OCHENTA Y SIETE EUROS con VEINTITRES CÉNTIMOS                      |           |
| 10.06                                  | ud | Entrega de bidón de residuos peligrosos a gestor autorizado        | 91,82     |
|  |    | NOVENTA Y UN EUROS con OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS                      |           |
| <b>CAPÍTULO 11 SEGURIDAD Y SALUD</b>   |    |  |           |
| 11.1                                   | ud | ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD                                       | 18.909,35 |
|  |    | DIECIOCHO MIL NOVECIENTOS NUEVE EUROS con TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS |           |

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

CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA  
AVENIDA ALTOS HORNOS DE BIZKAIA Y LA CALLE ERREKETA EN EL  
BARRIO URBAN-GALINDO (BARAKALDO)

MEMORIA

**ANEXO 18. PRESUPUESTO PARA  
CONOCIMIENTO DE LA  
ADMINISTRACIÓN**

## ÍNDICE

|  |            |
|--|------------|
| <b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>                        | <b>408</b> |
| <b>1.1 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL .....</b> | <b>408</b> |
| <b>1.2 PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN .....</b>    | <b>408</b> |
| <b>1.3 EXPROPIACIONES .....</b>                    | <b>408</b> |

## 1 INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se detallan los distintos presupuestos del proyecto, cuya inclusión es de carácter obligatorio.

### 1.1 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

El Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M) de la obra asciende a la cantidad de CIENTO TREINTA Y OCHO MIL NOVECIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS con SESENTA CÉNTIMOS (138.984,60€).

### 1.2 PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

Este presupuesto se obtiene mediante la aplicación al PEM de un 13% de Gastos Generales y un 6% de Beneficio Industrial. De acuerdo a esto, se obtiene lo siguiente:

|                                     |             |
|-------------------------------------|-------------|
| PEM .....                           | 138.984,60€ |
| GASTOS GENERALES (13% PEM) .....    | 18.068,00€  |
| BENEFICIO INDUSTRIAL (6% PEM).....  | 8.339,08€   |
| PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN..... | 165.391,68€ |

El Presupuesto Base de Licitación asciende a la cantidad de CIENTO SESENTA Y CINCO MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y UN EUROS con SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS (165.391,68€).

|                   |             |
|-------------------|-------------|
| I.V.A (21%) ..... | 34.732,25€  |
| PBL + IVA.....    | 200.123,93€ |

El Presupuesto General asciende a la cantidad de DOSCIENTOS MIL CIENTO VEINTITRÉS EUROS con NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS (200.123,93€).

### 1.3 EXPROPIACIONES

No será necesario realizar ninguna expropiación, ya que los terrenos ocupados por la obra son de titularidad municipal.