

ANEJO N° 11:

# **OBRAS SINGULARES**



## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. SALIDA DE EMERGENCIA DE SASUATEGI</b>	<b>2</b>
2.1 OBRAS A REALIZAR	3
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	6
2.2.1 Salida de Emergencia	6
2.2.2 Ventilación de Emergencia	7
2.3 ESTRUCTURA EDIFICIO EXTERIOR	7
<b>3. VENTILACIONES DE EMERGENCIA ESTACIÓN PASAIA</b>	<b>9</b>
3.1 INTRODUCCIÓN	9
3.2 ARQUETA PARA VENTILACIÓN DE EMERGENCIA EN CALLE LORETE	9
<b>4. VENTILACIÓN DE EMERGENCIA CALLE PARKE</b>	<b>10</b>
<b>5. CALCULOS ESTRUCTURALES</b>	<b>11</b>
5.1 OBJETO	11
5.2 BASES DE DISEÑO	11
5.2.1 NORMATIVA	11
5.2.1.1 Normas de acciones	12
5.2.1.2 Normas de construcción	12
5.2.2 BASES DE CÁLCULO DE ESTRUCTURAS	12
5.2.2.1 Criterios de seguridad	12
5.2.2.2 Estados límite de servicio (E.L.S.)	12
5.2.2.3 Estados límite últimos (E.L.U.)	13
5.2.2.4 Niveles de control	13
5.2.2.5 Coeficientes parciales de seguridad para la resistencia	14
5.2.2.6 Comprobaciones relativas a los estados límite de servicio	14
5.2.3 ACCIONES A CONSIDERAR	16
5.2.4 VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS ACCIONES	16
5.2.5 VALORES DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES	18
5.2.6 COMBINACIÓN DE ACCIONES	19
5.2.7 PROGRAMAS INFORMATICOS UTILIZADOS	21
5.3 PANTALLA DE MICROPILOTES SALIDA DE EMERGENCIA SASUATEGI	22
5.3.1 DESCRIPCION	22
5.3.2 MATERIALES	23
5.3.3 CARGAS	23
5.3.4 PROCESO CONSTRUCTIVO	24

5.3.5 METODOLOGÍA DE CÁLCULO	25
5.4 FALSO TÚNEL SALIDA DE EMERGENCIA SASUATEGI	25
5.4.1 DESCRIPCION	25
5.4.2 MATERIALES	26
5.4.3 MODELOS E HIPOTESIS DE CÁLCULO	27
5.5 EDIFICIO DE SALIDA DE EMERGENCIA SASUATEGI	27
5.5.1 DESCRIPCION	27
5.5.2 MATERIALES	28
5.5.3 CARGAS	28
5.5.4 METODOLOGÍA DE CÁLCULO	29
5.6 CAMARA DE SALIDA . VENTILACION DE EMERGENCIA C/ LORETE	29
5.6.1 DESCRIPCION	29
5.6.2 MATERIALES	29
5.6.3 CARGAS	30
5.6.4 METODOLOGÍA DE CÁLCULO	31
5.7 SOSTENIMIENTOS PROVISIONALES	31
5.7.1 DESCRIPCION	31
5.7.2 MATERIALES	32
5.7.3 CARGAS	32
5.7.4 PROCESO CONSTRUCTIVO	33
5.7.5 METODOLOGÍA DE CÁLCULO	34

## APÉNDICES:

**APÉNDICE 1. CÁLCULOS SALIDA DE EMERGENCIA DE SASUATEGI**

**APÉNDICE 2. CÁLCULOS VENTILACION DE EMERGENCIA C/ LORETE**

## 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este anejo es describir las diferentes obras singulares que se distribuyen a lo largo de la traza proyectada en el Metro de Donostialdea en su tramo Altza-Galtzaraborda.

Cabe destacar que las obras singulares que se ejecutan al amparo de las pantallas de la estación de Pasaia se describen en el Anejo 9 Estación de Pasaia. Hecha esta puntualización se desarrollan en este anejo las siguientes obras singulares:

- Galería de emergencia de Sasuategi (O.S.-1)
- Ventilación de emergencia de C/ Lorete (O.S.-2)
- Ventilación de emergencia de C/ Parke

En este proyecto se recoge únicamente la definición de la obra civil, los equipos de ventilación (por ejemplo) se recogerán en otros proyectos específicos.

Todas ellas poseen una parte ejecutada en túnel en mina. Así, los aspectos correspondientes a la forma excavación, sostenimientos, revestimientos, etc. se definen en el anejo nº 7 Obras Subterráneas.

## 2. SALIDA DE EMERGENCIA DE SASUATEGI (O.S.-1)

De acuerdo con la NFPA 130, los tramos de túnel de gran longitud deben contar con salidas de emergencia, espaciadas de tal forma que desde cualquier punto del mismo se asegure una distancia máxima de 381 metros a alguna salida, lo que implica una separación entre salidas de emergencia de 762 metros.

Esta distancia se considera como referencia, y se aplica con cierta holgura, de forma que en estudios similares se consideran admisibles distancias entre salidas de emergencia en túneles de hasta 1.000 metros.

Si se analiza la longitud del trazado subterráneo entre la estación de Altza y la estación de Pasaia, esta longitud resulta ser de 1.225 metros aproximadamente, superándose las longitudes mencionadas con anterioridad.

Es por ello que el tramo en túnel existente entre las citadas estaciones pertenecientes al Metro de Donostialdea exige la implantación de una infraestructura de emergencia.

Se denomina Salida de Emergencia de Sasuategi y se ubica en el Pk 1+417,38 del eje definido para el tramo Altza – Galtzaraborda. Esta ubicación da lugar a unas distancias de 643 metros hasta la Estación de Altza, y de 582 metros hasta la Estación de Pasaia aproximadamente.

Además, se plantea en la misma ubicación una ventilación de emergencia por la misma galería. Así la sección de la galería estará compartida por la ventilación y la salida de emergencia que se hace necesaria para el túnel en mina entre la estación de Altza y la estación de Pasaia.

La galería que dará cabida a la salida de emergencia y a la ventilación de emergencia como se ha citado anteriormente, se emplea como galería de ataque para la excavación del túnel en mina a ejecutar hasta la conexión con el túnel del tramo Herrera – Altza por un lado y en la dirección contraria hasta la estación de Pasaia

La salida de emergencia de Sasuategi emerge a la superficie en una zona de monte en las inmediaciones del Centro de Salud, en el término municipal de Pasaia. El acceso a esta ubicación se realiza a través del camino de Sasuategi. En el emboquille se sitúa una explanada donde se implantará el edificio de hormigón que albergue los conductos de ventilación y las puertas de emergencia de acceso al exterior.

## 2.1 OBRAS A REALIZAR

Se enumeran a continuación el conjunto de obras a realizar para la ejecución de la explanada donde emerge la salida de emergencia y las obras a ejecutar desde salida de emergencia de Sasuategi situada en el Pk 1+417,38.

- **Vial de Acceso**

El acceso al área desde donde se ataca la galería de emergencia se realiza desde la calle Eskalantegi del término municipal de Pasaia, a través del camino a Sasuategi. Desde dicho camino parte un camino de nueva ejecución que comunica con la citada explanada.

- **Pantalla de micropilotes**

Se trata de una pantalla para contener el frente de la plataforma de la salida de emergencia de Sasuategi. Dicha pantalla estará formada por micropilotes de 220 mm. de diámetro de perforación y armadura tubular 127x9 mm. dispuestos cada 50 cm.

La estructura se desarrolla en un plano vertical con una longitud en planta de aproximadamente 66 m.

El alzado de la pantalla presenta cuatro niveles principales de anclaje con espaciamiento vertical constante de 3,00 m.

Los niveles de anclaje se definen a partir de riostras de hormigón armado con dimensiones de 0,40 x 0,60 m. adosadas a la pantalla excavada donde se sitúan puntos de anclaje con cadencia horizontal constante de 3,50 m. Adicionalmente a las riostras de anclaje se solidariza la cabeza de los micropilotes a partir de una viga de coronación y atado de sección rectangular de 0,50 x 0,60 m. donde igualmente se sitúan puntos de anclaje con cadencia horizontal de aproximadamente 3,50 m.

Previamente a la demolición de la zona del emboquille, se ejecutará el sostenimiento del túnel formado por una viga o zuncho de 0,70x0,50 metros de sección que servirá además de cómo viga de atado del paraguas de micropilotes del túnel, cómo elemento de contención de la parte de pantalla existente sobre la clave del túnel. Dicho sostenimiento estará apoyado sobre zapatas de 3,00x0,90 metros y un canto de 1,10 m.

- **Excavación de la plataforma**

Una vez realizada la pantalla de micropilotes se procede a la excavación que permite la ejecución de las diferentes vigas de atado hasta llegar a la cota de la plataforma. La excavación de los taludes laterales se realiza con una pendiente 3H:2V tanto en la zona superior correspondiente a suelos y la zona de roca por estar altamente fracturada.

- **Excavación del Túnel**

Una vez construido el área de ataque comenzará la excavación del túnel, que albergará las instalaciones de emergencia para posteriormente acometer la excavación del túnel de línea.

Durante las obras de excavación del túnel de línea se extraerán por la rampa de ataque los materiales arrancados del interior, éstos serán a continuación tratados mediante un decantador de fangos en combinación con una prensa de lodos construidos a la salida de la rampa de ataque donde los materiales secarán antes de ser transportados.

Cuando finalice la parte de excavación del túnel de línea a realizar desde esta rampa de ataque se procederá a construir en su interior los elementos necesarios para convertirla en salida de emergencia y ventilación de emergencia.

- **Salida de Emergencia**

Además de lo mencionado con anterioridad será necesario llevar a cabo la construcción de una galería que constituirá el primer tramo de la salida de emergencia. Esta galería conectará a una distancia de 48,70 metros con la galería excavada previamente de igual sección que el túnel y que comunicará con el edificio que permite la evacuación al exterior.

La galería constituye el primer tramo de la salida de peatones, ya que en la zona más próxima a las vías la sección completa de la rampa de ataque se convierte en cámara de ventiladores.

Una vez superados estos primeros metros en que la ventilación y la salida de peatones discurren por separado, ambos conductos continuarán en paralelo el resto del recorrido hasta el exterior, compartiendo para ello el túnel que ha servido de rampa de ataque.

Además, en este primer tramo se ubicarán un centro de transformación y un cuarto de baja tensión.

- **Ventilación de Emergencia**

Se hace necesario construir una galería, para la ventilación de emergencia que conecte el túnel de línea, en el PK 1+417,78, con el edificio que va a contener las rejillas que permiten la salida/entrada del aire al/de exterior.

En esta galería se ubicará la cámara de ventiladores que dará cabida a dos ventiladores de 130 Kw de potencia cada uno. Dada la distancia existente desde la cámara a las estaciones y la potencia de los ventiladores, se hace necesario establecer un centro de transformación. Como ya se ha comentado, éste tendrá su lugar en la salida de emergencia, anexo al túnel de línea, y servirá para alimentar los ventiladores. **Como ya se ha indicado anteriormente, en este proyecto se recoge**

únicamente la obra civil asociada a las instalaciones. Las instalaciones propiamente dichas se definirán en otros proyectos específicos (ventiladores, CT's, instalaciones electromecánicas...).

- **Estructura común a Salida y Ventilación de Emergencia**

Posteriormente se construye la estructura común que da cabida a ambas salidas desde sus respectivas galerías hasta el exterior. Así, la sección de la galería interior se dividirá en dos partes diferenciadas mediante un tabique que impide que el aire procedente de la ventilación de emergencia acceda a la salida de emergencia.

La galería común se diseña con una pendiente del 0,5% hasta alcanzar el punto alto tras recorrer 220 m aproximadamente y con -0,5% hasta llegar al exterior. Dada la escasa pendiente con la que se diseña la salida de emergencia no se disponen de tramos de escaleras para la evacuación de los peatones.

La galería de emergencia termina en la estructura diseñada que está dotada de puertas de fácil apertura al exterior. Desemboca en la plataforma de ataque del túnel que es accesible para vehículos de emergencia en caso de necesidad.

Todo el conducto dispondrá de la adecuada iluminación y de indicadores visibles en la oscuridad que orienten en el sentido correcto a los peatones.

- **Falso túnel**

Se ejecuta un falso túnel de 12.95 m de longitud que permita un relleno 3H:2V para reducir el impacto visual de la excavación realizada para la ejecución del emboquille y la plataforma de la salida de emergencia de Sasuategi

El falso túnel está situado entre la salida del túnel en mina y el edificio de salida de emergencia de Sasuategi, el cual presenta una sección semicircular con una superficie libre de 44,5 m<sup>2</sup> y radio interior de 4,10 m. igual que el túnel en mina.

Se ha modelizado con una carga de tierras que se corresponde con un relleno máximo de 6,00 m. de tierras sobre la clave y una pendiente transversal de 10º aproximadamente.

El falso túnel estará formado por una bóveda de 60 cm. espesor el cual irá incrementándose hasta los 75 cm. en el arranque con las zapatas.

Las zapatas tendrán un vuelo interior de 100 cm. y un vuelo exterior de 175 cm. para un acho total de 350 cm. El canto será de 1,25 m. y se empotraran un mínimo de 0,50m. en el sustrato rocoso sano.

- **Edificio de salida**

Se diseña un edificio de hormigón que permita la evacuación de los peatones al exterior y la salida/entrada del aire de ventilación. Las características de dicho edificio se describen en el apartado 2.3

- **Relleno**

Una vez se hayan construido todos los elementos necesarios en esta zona (galerías y edificio de las instalaciones de emergencia) se llevará a cabo el relleno de la excavación con taludes 3H:2V.

- **Impacto Visual**

Los acabados previstos son de hormigón para el edificio exterior y hormigón impreso para el área adyacente. Así mismo se incluye en el presente proyecto la revegetación de los taludes excavados y del relleno que se genera.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Se describe a continuación las características de la salida de emergencia de Sasuategi, analizando primero los aspectos relativos a la salida de emergencia y por último los relacionados con la ventilación de emergencia:

### 2.2.1 Salida de Emergencia

El conducto de salida de emergencia presenta una sección igual a la del túnel de línea. En la zona inicial se dispone una serie de cuartos técnicos que albergan al cuarto de Baja Tensión y al Centro de Transformación. Quedando en esta zona un pasillo destinado a la salida de peatones de 3,60 metros de anchura aproximadamente. Este tramo presenta una pendiente del 0,00% a lo largo de 74,40 metros aproximadamente.

El segundo tramo discurre en rampa con una pendiente del 0,5% y comparte el interior de la estructura con el sistema de ventilación que se describe en el apartado posterior. Así, la anchura total de la sección excavada es de 8,10 metros, reservándose 3,30 metros de pasillo para el tránsito peatonal y 4,55 metros para el conducto de ventilación.

El acceso al exterior se realiza tras superar 375 m aproximadamente de longitud, situándose el inicio de la galería y la plataforma de salida a la misma cota (+9,54)

### 2.2.2 Ventilación de Emergencia

La cámara de ventilación se crea en el conducto de ventilación, en la zona de conexión de éste con el túnel de línea. Este tramo tiene una pendiente del 0,00% y sobre él se sitúan los ventiladores.

Se trata de dos ventiladores axiales reversibles de 130 Kw de potencia, capaces de extraer o inyectar aire en el túnel de línea en función de la localización y gravedad de la emergencia. **Estos equipos no se definen en este proyecto. Su definición se recogerá en proyectos específicos que complementará a este proyecto, en el que se define únicamente la obra civil.**

El conducto de ventilación tiene sus primeros 23,50 metros, incluida la cámara de ventiladores, una sección algo inferior a la del túnel de línea, con 8,30 metros de anchura y 4,85 metros de altura libre. Posteriormente, a lo largo de 6,20 metros se produce una transición en la que la sección se reduce hasta que entronca con la estructura, en la que el conducto comparte sección con la salida de emergencia.

El conducto asciende hacia la superficie con una pendiente de 0,50% hasta el punto alto que se presenta tras 220m y -0,50 % hasta el exterior, con una longitud total de 334 metros.

La rejilla de salida de aire del conducto se ubica, en la cubierta de la estructura existente en el edificio de salida. Se trata de una rejilla de un tipo habitual en las ventilaciones del ferrocarril metropolitano y tiene una superficie aproximada de 37 m<sup>2</sup>.

## 2.3 ESTRUCTURA EDIFICIO EXTERIOR

La estructura diseñada tiene unas dimensiones aproximadas desde el final del falso túnel proyectado de 13 m de largo y 10 m de ancho, con muros de hormigón de 0,60 que dan lugar a un ancho interior de 8,80 m. Esta estructura alberga en un solo edificio la salida peatonal de emergencia al exterior y la chimenea de salida del conducto de ventilación.

La estructura tiene una zona soterrada que se inicia en la sección del falso túnel y que permite rellenar el desmonte ejecutado en la ladera minimizando así el impacto sobre ésta. La parte vista de la estructura aporta los accesos a la salida de emergencia peatonal y al conducto de ventilación.

La salida al exterior del conducto de ventilación se produce a través de la cubierta de la estructura que dispone a tal efecto de una zona inclinada y cerrada por una rejilla. En la parte frontal de la estructura se dispone una puerta de doble hoja de 1 m de ancho de salida/entrada a la instalación, que sólo se abrirá en caso de emergencia o para labores de mantenimiento. Esta puerta da acceso a un vestíbulo interior en el que desemboca la salida de emergencia para peatones y desde el que

además se puede acceder, a través de una segunda puerta de una sola hoja de 1m de ancho, al conducto de ventilación de emergencia.

Esta estructura dispone de la red de drenaje necesaria para canalizar al exterior el agua que pueda entrar por la rejilla de ventilación para ello se proyecta la solera del edificio con una pendiente del 2.55% hacia el exterior y se disponen canaletas en los extremos evacuando el agua captada por estas mediante tubo de PVC de Ø 200mm.

### **3. VENTILACIONES DE EMERGENCIA ESTACIÓN PASAIA (O.S.-2)**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

Este apartado de obras singulares tiene por objeto la descripción y el cálculo de la arqueta que da salida/entrada de aire al exterior/ túnel. La descripción de la caverna perpendicular al eje del tronco que da cabida a los ventiladores (sala de ventiladores) y los conductos verticales (raise boring) que se disponen entre esta y la arqueta mencionada con anterioridad se realiza en el Anejo 8 Obras Subterráneas.

Como ya se ha indicado anteriormente, en este proyecto se recoge únicamente la obra civil asociada a las instalaciones. Las instalaciones propiamente dichas se definirán en otros proyectos específicos (ventiladores, CT's, instalaciones electromecánicas...).

#### **3.2 ARQUETA PARA VENTILACIÓN DE EMERGENCIA EN CALLE LORETE**

Se trata de una arqueta de hormigón armado en la que se disponen las cámaras que permiten la entrada/salida de aire al túnel o al exterior. Tiene unas dimensiones de 18,70 m de largo y 4,40 m de ancho con una pared de hormigón de 0,40 m que arroja unas dimensiones útiles (interiores) de 17,9x3,6 m. La altura interior de la arqueta es de 3m.

La arqueta dispone de una tapa de hormigón sobre los tubos verticales (raise boring) que distribuye el aire impulsado desde los ventiladores hacia las rejillas de ventilación situadas en los extremos de dicha arqueta y evita que el agua de lluvia entre de forma incontrolada hacia la sala de ventiladores.

Como se menciona anteriormente se disponen en los extremos de la arqueta de dos cámaras que soportan las rejillas de ventilación de 15,15 m<sup>2</sup> cada una de ellas. El suelo de estas cámaras tienen una pendiente hacia los tubos verticales del 2% que permite encaminar y concentrar el agua de lluvia que pudiera entrar por las citadas rejillas hacia un canal que se dispone en todo el ancho y se desagua a través del raise boring hacia el drenaje interior del túnel mediante tubo de pvc.

#### 4. VENTILACIÓN DE EMERGENCIA CALLE PARKE

La ventilación de emergencia de la calle Parke se corresponde con la ventilación de emergencia del testero Pasaia de la futura estación de Galtzaraborda.

Esta tesitura conlleva la ejecución únicamente en este proyecto de la caverna de ventiladores en perpendicular al túnel de línea en el PK 2+820,95. Dejando el raise boring y la arqueta de salida de aire para cuando se ejecute la futura estación de Galtzaraborda.

La descripción de la caverna de ventilación de la calle Parque se describe en el Anejo 8 Obras Subterráneas.

Como ya se ha indicado anteriormente, en este proyecto se recoge únicamente la obra civil asociada a las instalaciones. Las instalaciones propiamente dichas se definirán en otros proyectos específicos (ventiladores, CT's, instalaciones electromecánicas...).

## 5. CALCULOS ESTRUCTURALES

### 5.1 OBJETO

En el presente apartado se detalla y desarrolla la solución adoptada para cada una de las estructuras definidas en las siguientes obras singulares incluidas en el presente Proyecto.

- Salida de emergencia de Sasuategi.
- Ventilación de emergencia de la calle Lorete.

En la salida de emergencia de Sasuategi se definen las siguientes estructuras:

- Pantalla de micropilotes.
- Falso túnel.
- Edificio de salida.

En la ventilación de emergencia de la C/ Lorete se definen las siguientes estructuras:

- Cámara de salida.
- Sostenimiento provisional.

Se describen dichas estructuras y se dan los criterios y condicionantes de diseño, incluyendo los respectivos apéndices de cálculos justificativos, desarrollados de acuerdo a la normativa vigente aplicable.

### 5.2 BASES DE DISEÑO

En el presente apartado se describen y justifican los criterios de diseño de las estructuras que comprende las diferentes obras singulares descritas anteriormente. Se hace un estudio detallado de las acciones a considerar en el diseño de las diferentes estructuras. De igual forma se describe la Normativa aplicable al respecto.

#### 5.2.1 NORMATIVA

Para la elaboración del proyecto se emplearán las normas y recomendaciones enumeradas a continuación. Se distingue entre documentos relativos a las acciones a considerar y documentos referentes a la resistencia de la estructura.

#### 5.2.1.1 Normas de acciones

- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP). Ministerio de Fomento. 2011.
- Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación. NCSE-02. Ministerio de Fomento. 2009.

#### 5.2.1.2 Normas de construcción

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08). Ministerio de Fomento. (2008)
- Código Técnico de la Edificación. Seguridad estructural. (2006, y modificaciones posteriores).
- Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera. Ministerio de Fomento. (2005).
- Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carreteras. Ministerio de fomento. (2001).

### 5.2.2 BASES DE CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

#### 5.2.2.1 Criterios de seguridad

Para justificar la seguridad de las estructuras objeto de este Proyecto y su aptitud de servicio, se utilizará el método de los estados límites.

Los estados límite se clasifican en:

- Estados límite de servicio
- Estados límite últimos

#### 5.2.2.2 Estados límite de servicio (E.L.S.)

Se incluyen bajo la denominación de estados límite de servicio todas aquellas situaciones de la estructura para las que no se cumplen los requisitos predefinidos de funcionalidad, confort, durabilidad o aspecto de la estructura.

Se consideran los siguientes:

- E.L.S. de deformaciones que afecten a la apariencia o funcionalidad de la obra, o que causen daño a elementos no estructurales.

- E.L.S. de fisuración. La fisuración del hormigón por tracción puede afectar a la durabilidad, la impermeabilidad o el aspecto de la estructura. La microfisuración del hormigón por compresión excesiva puede afectar, también, a la durabilidad.

#### 5.2.2.3 Estados límite últimos (E.L.U.)

La denominación de estados límite últimos engloba todos aquellos correspondientes a una puesta fuera de servicio de la estructura, por colapso o rotura de la misma o de una parte de ella, poniendo en peligro la seguridad de las personas.

Los estados límite últimos que se deben considerar son los siguientes:

- E.L.U. de pérdida de equilibrio, por falta de estabilidad de una parte o de la totalidad de la estructura.
- E.L.U. de agotamiento frente a sollicitaciones normales, frente a cortante y torsión. Se estudian a nivel de sección de elemento estructural.
- E.L.U. de agotamiento por fatiga en el acero o el hormigón.

#### 5.2.2.4 Niveles de control

El control de calidad de los elementos de hormigón armado abarca el control de materiales y el control de la ejecución.

##### Control de materiales

El control de la calidad del hormigón y de sus materiales componentes, así como el control del acero se efectuará según lo establecido en la “Instrucción de Hormigón Estructural, EHE”.

El fin del control es verificar que la obra terminada tiene las características de calidad especificadas en el proyecto, que son las generales de la Instrucción EHE. La realización del control se adecuará al nivel adoptado en el proyecto.

##### Control de la ejecución

El control de la calidad de la ejecución de los elementos de hormigón se efectuará según lo establecido en la “Instrucción de Hormigón Estructural, EHE”

Existen diferentes niveles de control. La realización del control se adecuará al nivel adoptando para la elaboración del proyecto.

### Valores adoptados

En el Proyecto se adoptan los siguientes niveles de control según la definición de la Instrucción EHE:

- Acero: Para todos los casos: Normal
- Hormigón: Para todos los casos: Estadístico
- Ejecución: Para todos los casos: Intenso

#### 5.2.2.5 Coeficientes parciales de seguridad para la resistencia

Los controles anteriormente definidos están en acuerdo recíproco con los coeficientes parciales de seguridad para la resistencia, adoptados en los cálculos justificativos de la seguridad estructural.

Los coeficientes parciales de seguridad para la resistencia adoptados son, en situación persistente o transitoria:

- Hormigón  $\gamma_c = 1,50$
- Acero pasivo y activo  $\gamma_s = 1,15$
- Acero laminado  $\gamma_s = 1,00$

En situación accidental, incluyendo sismo:

- Hormigón  $\gamma_c = 1,30$
- Aceros  $\gamma_s = 1,00$

#### 5.2.2.6 Comprobaciones relativas a los estados límite de servicio

##### Estado límite de deformaciones de la estructura

Se considera que las deformaciones para la combinación poco probable no deben de afectar a la apariencia o funcionalidad de la obra.

##### Estado límite de plastificaciones locales

Se comprobará que en servicio bajo combinación característica no se supera el 90% del límite elástico, ni que en combinación frecuente se supere el 75%.

Estado límite de fisuración del hormigón

Bajo la combinación más desfavorable de acciones correspondiente a la fase en estudio, las tensiones de compresión en el hormigón deben cumplir.

$$\sigma_c \leq 0,60 f_{ck,j}$$

donde:

- $\sigma_c$  Tensión de compresión del hormigón en la situación de comprobación.
- $f_{ck,j}$  Valor supuesto en el proyecto para la resistencia característica a j días (edad del hormigón en la fase considerada).

La comprobación general del Estado Límite de Fisuración por tracción consiste en satisfacer la siguiente inecuación:

$$W_k \leq W_{m\acute{a}x}$$

donde:

- $W_k$  Abertura característica de fisura.
- $W_{m\acute{a}x}$  Abertura máxima de fisura.

En elementos de hormigón armado, en ausencia de requerimientos específicos (estanqueidad, etc.), y bajo la combinación de acciones casi-permanentes, las máximas aberturas de fisura para los distintos ambientes, se muestran en la tabla 49.2.4. de la Instrucción EHE08.

TABLA 5.1.1.2 EHE

Clase de exposición	$W_{m\acute{a}x}$ (mm)	
	Hormigón armado	Hormigón pretensado
I	0,4	0,2
IIa, IIb, H	0,3	0,2
IIIa, IIIb, IV, F, Qa	0,2	Descompresión
IIIc, Qb, Qc	0,1	

### 5.2.3 ACCIONES A CONSIDERAR

Las cargas a considerar sobre los distintos elementos se recogen en los apartados correspondientes de las estructuras analizadas.

### 5.2.4 VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS ACCIONES

Con carácter general se han seguido los criterios especificados en la Instrucción IAP sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera.

Las acciones se definen, en su magnitud, por sus valores representativos.

Una misma acción puede tener un único o varios valores representativos, según se indica a continuación, en función del tipo de acción.

#### Acciones permanentes (G)

Para las acciones permanentes se considerará un único valor representativo, coincidente con el valor característico  $G_k$ , excepto en el caso de la acción correspondiente al peso del pavimento, para la que se consideran dos valores representativos con  $G_{k,sup}$  y  $G_{k,inf}$ , definidos en el apartado 4.3.1.

#### Acciones permanentes de valor no constante ( $G^*$ )

- Reológicas: Se considerará, para las acciones de origen reológico, un único valor representativo, coincidente con el valor característico  $R_{k,t}$ , correspondiente al instante "t" en el que se realiza la comprobación.
- Acciones del terreno: Para el peso del terreno que gravita sobre elementos de la estructura, se considerará un único valor representativo, coincidente con el valor característico. Para el empuje del terreno, se considerará el valor representativo de acuerdo con lo expuesto en el apartado 4.3.2.

#### Acciones variables (Q)

Cada una de las acciones variables puede considerarse con los siguientes valores representativos:

- Valor característico  $Q_k$ : valor de la acción cuando actúa aisladamente.
- Valor de combinación  $\Psi_0 Q_k$ : valor de la acción cuando actúa en compañía de alguna otra acción variable.
- Valor frecuente  $\Psi_1 Q_k$ : valor de la acción que es sobrepasado durante un período de corta duración respecto a la vida útil del puente.

- Valor casi permanente  $\Psi_2$  Qk: valor de la acción que es sobrepasado durante una gran parte de la vida útil del puente.
- Los valores de los coeficientes  $\Psi$  son los siguientes:

$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
0,60	0,50	0,20

Acciones accidentales (A)

Para las acciones accidentales se considera un único valor representativo coincidente con el valor característico  $A_k$ .

Acciones sísmicas:

La aceleración sísmica de cálculo se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$a_c = Y_i \cdot a_b = 1,30 \cdot 0,04g = 0,052g$$

donde:  $a_b$  = aceleración básica de cálculo: 0,04 g

$Y_i$  = factor de importancia en función de la categoría de la estructura: 1,30

La acción sísmica se considera a partir de la formulación definida por Mononobe-Okabe, obteniéndose el sobre-empuje dinámico del terreno sobre las estructuras a partir de la aceleración de cálculo, obtenida anteriormente, para la estructura.

Tomando como referencia un relleno con un ángulo de rozamiento interno igual a  $30^\circ$ , obtenemos que el coeficiente de empuje activo dinámico según la formulación de Mononobe-Okabe es igual a:

$$k_{sismo} = 0,365$$

Puesto que las estructuras se van a dimensionar en función del empuje activo de los rellenos, el coeficiente a considerar en ELU para el dimensionamiento de la armadura será igual a:

$$k_{activo,ELU} = 1,50 \times 0,333 = 0,50 > k_{sismo} = 0,365$$

Por lo que no se considera la combinación accidental de sismo, y no se tendrá en cuenta en las verificaciones de la estructura.

### 5.2.5 VALORES DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES

Con carácter general se siguen los criterios especificados en la Instrucción IAP sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera.

Los valores de cálculo de las diferentes acciones son los obtenidos aplicando el correspondiente coeficiente parcial de seguridad  $\gamma$  a los valores representativos de las acciones, definidos en el apartado anterior.

#### Estados límites últimos (E.L.U.)

Para los coeficientes parciales de seguridad  $\gamma$  se tomarán los siguientes valores básicos:

Concepto		Situaciones persistentes y transitorias		Situaciones accidentales	
		Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Acciones permanentes (1), (2)		$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_G = 1,0$
Acciones permanentes	Reológicas	$\gamma_{G^*} = 1,0$	$\gamma_{G^*} = 1,35$	$\gamma_{G^*} = 1,0$	$\gamma_{G^*} = 1,0$
de valor no constante	Acciones del terreno	$\gamma_{G^*} = 1,0$	$\gamma_{G^*} = 1,50$	$\gamma_{G^*} = 1,0$	$\gamma_{G^*} = 1,0$
Acciones variables		$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,5$	$\gamma_Q = 0,0$	$\gamma_Q = 1,0$
Acciones accidentales				$\gamma_A = 1,0$	$\gamma_A = 1,0$

#### NOTAS.

(1) Los coeficientes  $\gamma_G = 1,0$  y  $\gamma_G = 1,35$ , se aplicarán a la totalidad de la acción, según su efecto sea favorable o desfavorable.

(2) En el caso de la carga de pavimento, se considerará para la totalidad de la acción:

- El valor representativo inferior  $G_{k,inf}$  ponderado por  $\gamma_G = 1,0$ , cuando su efecto sea favorable.
- El valor representativo superior  $G_{k,sup}$  ponderado por  $\gamma_G = 1,35$ , cuando su efecto sea desfavorable.

Se ha considerado una única hipótesis de carga tomando el valor representativo superior  $G_{k,sup}$  ponderado por  $\gamma_G = 1,35$ .

Estados límites de servicio (E.L.S.)

Para los coeficientes parciales de seguridad  $\gamma$  se tomarán los siguientes valores, según se establece en la actual norma de acciones:

Concepto		Situaciones persistentes y transitorias	
		Efecto favorable	Efecto desfavorable
Acciones permanentes		$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_G = 1,0$
Acciones permanentes de valor no constante	Reológicas	$\gamma_{G^*} = 1,0$	$\gamma_{G^*} = 1,0$
	Acciones del terreno	$\gamma_{G^*} = 1,0$	$\gamma_{G^*} = 1,0$
Acciones variables		$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,0$

5.2.6 COMBINACIÓN DE ACCIONES

Con carácter general se siguen los criterios especificados en la Instrucción IAP sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera.

Las hipótesis de carga a considerar se formarán combinando los valores de cálculo de las acciones cuya actuación pueda ser simultánea, según los criterios generales que se indican a continuación.

**Estados límites últimos**

SITUACIONES PERSISTENTES Y TRANSITORIAS

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:

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

donde:

G<sub>k,j</sub> = valor representativo de cada acción permanente.

G<sup>\*</sup><sub>k,i</sub> = valor representativo de cada acción permanente de valor no constante.

$Q_{k,1}$  = valor representativo (valor característico) de la acción variable dominante.

$\psi_{0,i} Q_{k,i}$  = valores representativos (valores de combinación) de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante.

### SITUACIONES ACCIDENTALES

Por tratarse de una situación accidental en la que no se considera el sismo la combinación de las distintas acciones se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:

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

donde:

$G_{k,j}, G^*_{k,i}$  = valores representativos de las acciones permanentes.

$\psi_{1,1} Q_{k,i}$  = valor frecuente de la acción variable dominante.

$\psi_{2,i} Q_{k,i}$  = valores casi-permanentes de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante y la acción accidental.

$A_k$  = valor característico de la acción accidental.

### Estados Límites de Servicio

Para estos estados se considerarán únicamente las situaciones persistentes y transitorias, excluyéndose las accidentales.

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:

- Combinación característica (poco probable o rara):

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

- Combinación frecuente:

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

- Combinación casi-permanente:

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

### 5.2.7 PROGRAMAS INFORMATICOS UTILIZADOS

Para la realización de esta memoria de cálculo se han empleado los siguientes programas informáticos:

- **Rido:** Es un programa desarrollado por R.F.L.. que está basado en el equilibrio elastoplástico del sostenimiento se ha utilizado para el cálculo de la pantalla de contención de la salida de emergencia de Sasuategi y de los sostenimientos provisionales de las cámaras de salida de las ventilaciones de emergencia. En el cálculo se han definido diferentes fases o etapas de construcción, indicando en cada una de ellas las diferentes profundidades de excavación, puntales o anclajes provisionales. Por último se obtienen listados de todos los datos introducidos, resultados de cálculo tanto numéricos como gráficas de las leyes de esfuerzos y deformaciones de cada fase y del conjunto de las fases.
- **Sap2000 v.14:** Programa de cálculo de estructuras por métodos matriciales y/o elementos finitos de amplia difusión mundial y ha sido utilizado para la modelización del edificio de salida de emergencia de Sasuategi.

Permite una entrada interactiva de datos y una gran flexibilidad en la asignación de nombres a las variables de entrada y de resultados, los cuales se pueden obtener tanto de forma numérica como gráfica, por lo que se dispone de una gran facilidad en la interpretación de los valores correspondientes.

Este programa informático puede realizar multitud de cálculos estructurales: lineales, no lineales en geometría y material, análisis sísmico, dinámico... pudiendo además realizar, en los casos más típicos, dimensionados y comprobaciones de elementos metálicos o de hormigón bajo las normativas de algunos países.

- **Plaxis:** Programa de elementos finitos enfocado hacia obras geotécnicas. Se ha utilizado para la obtención de los esfuerzos sobre el falso túnel de Sasuategi. Este programa cuenta con un

procesador que permite realizar cálculos por fases de los rellenos sobre el túnel para lo cual se ha modelizado la situación pésima que corresponde con una altura máxima de rellenos de 12 m.. El falso túnel se modeliza mediante barras de características mecánicas equivalentes a las secciones de hormigón dispuestas.

- **CypeCad:** Software concebido para el cálculo y dimensionamiento de estructuras de hormigón armado y metálicas. Se ha utilizado para el dimensionamiento de las cámaras de salida de las ventilaciones de emergencia de la calle Lorete y la calle San Marcos.
- **Hojas de cálculo elaboradas por EPTISA**, en el que se desarrollan algunos de los cálculos de E.L.U. y E.L.S.

### 5.3 PANTALLA DE MICROPILOTES SALIDA DE EMERGENCIA SASUATEGI

#### 5.3.1 DESCRIPCION

Se trata de una pantalla para contener el frente de la plataforma de la salida de emergencia de Sasuategi. Dicha pantalla estará formada por micropilotes de 220 mm de diámetro de perforación y armadura tubular 127x9 mm. dispuestos cada 50 cm.

La estructura se desarrolla en un único plano con una longitud aproximadamente 66 m. La pantalla estará compuesta por 132 micropilotes de longitud variable en función de la topografía del talud a contener, tal y como puede observarse en los planos de definición geométrica correspondientes. La longitud mínima de empotramiento de los micropilotes se fija en tres metros en todos los casos.

El alzado de la pantalla presenta cuatro niveles principales de anclaje con espaciamiento vertical constante de 3,50 m.

Los niveles de anclaje se definen a partir de riostras de hormigón armado con dimensiones de 0,40 x 0,60 m adosadas a la pantalla excavada donde se sitúan puntos de anclaje con cadencia horizontal constante de 3,50 m. Adicionalmente a las riostras de anclaje se solidariza la cabeza de los micropilotes a partir de una viga de coronación y atado de sección rectangular de 0,50 x 0,60 m. donde igualmente se sitúan puntos de anclaje con cadencia horizontal de aproximadamente 3,50 m.

Los anclajes son de tipo permanente compuestos por cabeza protegida, tendón de acero de 1570 MPa de límite elástico compuesto por cuatro torones y bulbo de anclaje de 8,00m.

Previamente a la demolición de la zona del emboquille, se ejecutará el sostenimiento del túnel formado por una viga o zuncho de 0,70x0,90 metros de sección que servirá además de cómo viga de atado del paraguas de micropilotes del túnel, cómo elemento de contención de la parte de pantalla

existente sobre la clave del túnel. Dicho sostenimiento estará apoyado sobre zapatas de 3,00x0,90 metros y un canto de 1,10 m.

### 5.3.2 MATERIALES

La pantalla anclada estará compuesta por micropilotes de 220 mm. de diámetro de perforación con camisa tubular de 127x9 mm. con un límite elástico > 5.600Kk/cm<sup>2</sup>.

El recubrimiento nominal mínimo de la armadura pasiva a disponer en el resto de los elementos de arriostramiento, riostras y vigas de atado, es 30 mm (nivel de control de ejecución intenso).

En base a los condicionantes indicados anteriormente, la lista de hormigones utilizados en la construcción de la estructura resulta como se describe a continuación:

- Hormigón en limpieza y nivelación: HL-150
- Hormigón en vigas riostras y de atado: HA-30/B/20/IIIa

El acero a emplear en las armaduras pasivas será en todos los casos B 500 S.

En cuanto a los anclajes estos tendrán las siguientes características:

- Anclajes de cables activos en el terreno (1570/1770) en Mpa.

### 5.3.3 CARGAS

Para la realización de los cálculos de la pantalla de contención, se han considerado las siguientes acciones:

- Acciones Permanentes:
  - Peso Propio: considerando como peso específico del hormigón armado 25 kN/m<sup>3</sup>.
  - Terreno: Como datos característicos de los materiales existentes en el trasdós de la pantalla se recoge lo definido en el anejo de geotecnia para las estructuras incluidas en la obra singular de la Salida de emergencia de Sasuategi.
    - Suelos coluviales:
      - Peso específico: 2,00 T/m<sup>3</sup>
      - Angulo de rozamiento interno: 20°

- Cohesión: 2,0 T/m<sup>2</sup>
- Módulo deformación=6 Mpa
- Margas (grado III):
  - Peso específico: 2,70 T/m<sup>3</sup>
  - Angulo de rozamiento interno: 35°
  - Cohesión: 100,0 T/m<sup>2</sup>
  - Módulo deformación=100 Mpa
- Margas (grado II):
  - Peso específico: 2,70 T/m<sup>3</sup>
  - Angulo de rozamiento interno: 45°
  - Cohesión: 100,0 T/m<sup>2</sup>
  - Módulo deformación=1000 MPa
- Acciones Variables
  - Sobrecarga en trasdós 1,00 T/m<sup>2</sup>.

#### 5.3.4 PROCESO CONSTRUCTIVO

La pantalla de contención se ejecuta según las etapas constructivas indicadas en los planos correspondientes:

1. Perforación y ejecución de los micropilotes.
2. Construcción de la viga de atado y ejecución de los anclajes sobre la viga de atado.
3. Excavación del terreno hasta el nivel de la primera viga riostra.
4. Ejecución de la viga riostra y los anclajes de ese nivel.
5. Excavación del terreno hasta el siguiente nivel.
6. Los pasos 4 y 5 se repetirán tantas veces como niveles tenga la pantalla.
7. Excavación del terreno hasta cota final.

El proceso constructivo señalado debe respetarse durante la ejecución de la estructura debido a que ha sido éste el contemplado en el análisis estructural de la misma, y es aquél que garantiza que se

registren los esfuerzos, reacciones y deformaciones previstas en el análisis estructural que se detalla en apartados posteriores de la presente nota de cálculo.

### 5.3.5 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

El dimensionamiento y cálculo de las pantallas de micropilotes se realizará por medio de hojas de cálculo elaboradas por EPTISA basadas en las recomendaciones recogidas en la “Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera”.

En todos los casos se comprobarán los siguientes elementos:

- Micropilotes: se comprueban movimientos, y la resistencia a flexión y cortante.
- Anclajes: se comprueba la rotura parcial del anclaje, la rotura del tirante a tracción, el deslizamiento del tirante dentro del bulbo y la pérdida de tensión del tirante en el anclaje por deslizamiento del bulbo respecto al terreno.
- Vigas de reparto: se comprueba, para los diferentes niveles de anclajes, la resistencia a flexión y a cortante de la viga.
- Se comprueba la carga de hundimiento de los elementos verticales que componen las pantallas.

## 5.4 FALSO TÚNEL SALIDA DE EMERGENCIA SASUATEGI

### 5.4.1 DESCRIPCION

Se trata de falso túnel situado entre la salida del túnel en mina y el edificio de salida de emergencia, el cual presenta una sección semicircular con una superficie libre de 44,53 m<sup>2</sup> y radio interior de 4,10 m. igual que el túnel en mina. El falso túnel tendrá una longitud aproximada de 12,96 m.

Se ha modelizado con una carga de tierras que se corresponde con un relleno máximo de 12,00 m. de tierras sobre la clave y una pendiente transversal de aproximadamente 8°.

El falso túnel estará formado por una bóveda de 60 cm. espesor el cual irá incrementándose hasta los 75 cm. en el arranque con las zapatas.

Las zapatas tendrán un vuelo interior de 100 cm. y un vuelo exterior de 175 cm. para un ancho total de 350 cm. El canto será de 1,25 m. y se empotrarán un mínimo de 0,50m. en el sustrato rocoso sano.

Se utilizan los siguientes elementos para la impermeabilización y el drenaje:

- Lámina de impermeabilización de PVC
- Lámina drenante de nódulos de polietileno de alta densidad.
- Geotextil 500 gr/m<sup>2</sup>
- Tubo de PVC ranurado  $\phi$ 160 de doble pared.

#### 5.4.2 MATERIALES

- Hormigón
  - Hormigón estructural en bóvedas: HA-30/B/20/IIIa fck=30 N/mm<sup>2</sup>
  - Hormigón estructural en cimentaciones: HA-30/B/20/IIIa fck=25 N/mm<sup>2</sup>
  - Hormigón de limpieza: fck=15 N/mm<sup>2</sup>

Los recubrimientos se han definido según el criterio de durabilidad definido en el artículo 37.2.4 de la instrucción EHE -08 para el ambiente definido en el proyecto.

En el caso de elementos hormigonados contra el terreno se garantizará un recubrimiento mínimo de 70 mm.

- Acero
  - Corrugado B-500 S: fyk=500 N/mm<sup>2</sup>
- Terreno de relleno: Como material de relleno del falso túnel se utilizará el material rocoso procedente de la excavación, el cual se puede clasificar como un todo-uno con los siguientes parámetros.
  - Densidad seca: 20,0 KN/m<sup>3</sup>
  - Angulo rozamiento interno: 33,00 °
  - Cohesión: 20,00 KN/m<sup>2</sup>
  - Modulo elástico: 30 MPa
  - Módulo de Poisson  $\nu=0,30$

- Terreno de cimentación: El falso túnel se apoyará en el sustrato rocoso caracterizado como material elástico con los siguientes valores.
  - Densidad seca: 27,0 KN/m<sup>3</sup>
  - Modulo elástico: 10000 MPa
  - Módulo de Poisson  $\nu=0,25$
  - Tensión admisible: 8 Kg/cm<sup>2</sup>.

Las presiones del terreno se obtienen en estado límite de servicio, es decir, con acciones sin mayorar.

Se admite que la tensión de pico supere en un 25% la admisible del terreno, siempre que la tensión media sea, además, no superior a dicha tensión admisible

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{pico} / 1,25$$

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{media}$$

#### 5.4.3 MODELOS E HIPOTESIS DE CÁLCULO

Se ha realizado un modelo de elementos finitos en deformación plana que simula la situación pésima del falso túnel, correspondiente con la altura máxima de los rellenos. El perímetro exterior del modelo queda limitado por el fondo de excavación, los taludes y la cota superior del relleno.

### 5.5 EDIFICIO DE SALIDA DE EMERGENCIA SASUATEGI

#### 5.5.1 DESCRIPCION

La estructura diseñada tiene unas dimensiones aproximadas de 13 m de largo y 10 m de ancho, con muros de hormigón de 0,60 que dan lugar a un ancho interior de 8,80 m. Esta estructura alberga en un sólo edificio la salida peatonal de emergencia al exterior y la chimenea de salida del conducto de ventilación de emergencia, la cual se produce a través de la cubierta de la estructura que dispone a tal efecto de una zona inclinada y cerrada por una rejilla.

## 5.5.2 MATERIALES

Los materiales y niveles de control adoptados, son los siguientes:

- Hormigón: HA-30/B/20/IIIa (Control normal)
- Acero: en todos los elementos B-500S, con control normal.

## 5.5.3 CARGAS

Las cargas a considerar sobre el edificio de salida son las siguientes:

- Acciones permanentes:
  - o Peso propio
    - Hormigón: 25 kN/m<sup>3</sup>.
    - Acero: 78,5 kN/m<sup>3</sup>.
  - o Sobrecargas de uso:
    - o Acciones debidas al Terreno
      - Peso relleno sobre las estructuras ( $\gamma_p = 2,00 \text{ T/m}^3$ )  
 $p = \text{variable según zona.}$
      - Empuje sobre los paramentos verticales: se ha considerado un relleno de material granular con las siguientes características:  
  
Peso específico: 2,00 T/m<sup>3</sup>  
  
Angulo de rozamiento interno: 33°  
  
Cohesión: 0 T/m<sup>2</sup>  
  
Kah: 0,50
    - o Sobrecarga repartida  
  
No se han considerado.
- Acciones Climáticas
  - o Viento

Se ha considerado un esfuerzo de viento obtenido según el CTE DB-SE-AE para la zona eólica C y grado de exposición IV.

- Presión estática: 0,135 T/m<sup>2</sup>
- Nieve

Se ha considerado una sobrecarga de 0,04 T/m<sup>2</sup>. sobre el forjado del edificio de salida.

- Acciones térmicas

No se consideran acciones térmicas sobre la estructura.

#### 5.5.4 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Para el análisis y dimensionamiento del edificio de salida se ha procedido al modelizado completo de la estructura mediante elementos Shell (áreas) que definen los diferentes paramentos de hormigón armado del edificio, así como mediante elemento Frame (vigas) para la correcta definición de los zunchos de borde del hueco de la chimenea de emergencia.

Sobre estos elementos se definen las diferentes cargas que actúan, ya sean, el empuje del relleno, la presión del viento sobre los paramentos verticales o la carga de nieve sobre la cubierta.

Una vez se obtienen los esfuerzos sobre el edificio se procede al dimensionamiento de los diferentes elementos que la conforman mediante el empleo de hojas de cálculo de elaboración propia.

### 5.6 CAMARA DE SALIDA. VENTILACION DE EMERGENCIA C/ LORETE

#### 5.6.1 DESCRIPCION

Se trata de una arqueta de hormigón armado en la que se disponen las cámaras que permiten la entrada/salida de aire al túnel o al exterior. Tiene unas dimensiones de 18,70 m. de largo y 4,40 m. de ancho con una pared de hormigón de 0,40 m. que arroja unas dimensiones útiles (interiores) de 17,90x3,60 m. La altura interior de la arqueta es de 3,00 m.

#### 5.6.2 MATERIALES

Los materiales y niveles de control adoptados, son los siguientes:

- Hormigón: HA-30/B/20/IIIa (Control normal)

- Acero: en todos los elementos B-500S, con control normal.

### 5.6.3 CARGAS

Las cargas a considerar sobre la cámara de salida de salida son las siguientes:

- Acciones permanentes:

o Peso propio

- Hormigón: 25 kN/m<sup>3</sup>.
- Acero: 78,5 kN/m<sup>3</sup>.

- Sobrecargas de uso:

o Acciones debidas al terreno

- Peso relleno sobre el forjado ( $\gamma_p = 2,00 \text{ T/m}^3$ )

$p =$  variable según zona.

- Empuje sobre los paramentos verticales: se ha considerado un relleno de material granular con las siguientes características:

Peso específico: 2,00 T/m<sup>3</sup>

Angulo de rozamiento interno: 30°

Cohesión: 0 T/m<sup>2</sup>

o Sobrecarga repartida

Se ha considerado una sobrecarga uniformemente repartida de 2,00 Tn/m<sup>2</sup>, debido al tráfico rodado.

- Acciones Climáticas

o Viento

No se han considerado al ser una estructuras enterrada.

o Nieve

Se ha considerado una sobrecarga de 0,04 T/m<sup>2</sup>. sobre la losa superior.

- Acciones térmicas

No se consideran acciones térmicas sobre la estructura.

#### 5.6.4 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Para el análisis y dimensionamiento de la cámara de salida se ha procedido al modelizado completo de la estructura mediante elementos muros y losas de hormigón armado, así como mediante elemento vigas que representan los zunchos de borde de los huecos donde apoyan las rejillas de ventilación.

Sobre estos elementos se definen las diferentes cargas que actúan, ya sean, el empuje del relleno, la sobrecarga de tráfico o la carga de nieve sobre la cubierta.

### 5.7 SOSTENIMIENTOS PROVISIONALES

#### 5.7.1 DESCRIPCION

Debido a que la cámara de salida de la ventilación de emergencia de la calle Lorete se encuentra en zona urbana, la excavación necesaria para la ejecución de dicha arqueta se realizará al amparo de sendas pantallas provisionales adecuadas al contorno exterior de la arqueta.

Dichos sostenimientos provisionales estarán formados por micropilotes de 250 mm. de diámetro de perforación y armadura con carril UIC-45 dispuestos cada 50 cm.

Los sostenimientos provisionales definidos formarán un rectángulo en planta con unas dimensiones mínimas necesarias para ejecutar la cámara de salida.

Para la ventilación de la calle Lorete, dichas dimensiones serán de 19,20x4,90 y estará compuesta por 96 micropilotes. La altura total de los micropilotes será de 6,00 m. para contener una excavación máxima de 4,00 m., tal y como puede observarse en los planos de definición geométrica correspondientes. La longitud mínima de empotramiento de los micropilotes se fija en dos metros en todos los casos.

La cabeza de los micropilotes se solidarizará a partir de una viga de coronación y atado de sección rectangular de 0,50 x 1,00 m. donde se sitúan puntos de anclaje con cadencia horizontal de aproximadamente 5,00 m.

Los anclajes serán provisionales, del tipo barra Gewi de 500 MPa de límite elástico y bulbo de anclaje de 3,00m.

### 5.7.2 MATERIALES

La pantalla anclada estará compuesta por micropilotes de 250 mm. de diámetro de perforación con carril UIC-45 de límite elástico  $> 3.500\text{Kk/cm}^2$ .

El recubrimiento nominal mínimo de la armadura pasiva a disponer en el resto de los elementos de arriostramiento, riostras y vigas de atado, es 30 mm (nivel de control de ejecución intenso).

En base a los condicionantes indicados anteriormente, la lista de hormigones utilizados en la construcción de la estructura resulta como se describe a continuación:

- Hormigón en limpieza y nivelación: HL-150
- Hormigón en vigas riostras y de atado: HA-30/B/20/IIIa

El acero a emplear en las armaduras pasivas será en todos los casos B 500 S.

En cuanto a los anclajes estos tendrán las siguientes características:

- Anclajes de barra del tipo Gewi (500/550) en Mpa.

### 5.7.3 CARGAS

Para la realización de los cálculos de la pantalla de contención, se han considerado las siguientes acciones:

- Acciones Permanentes:
  - Peso Propio: considerando como peso específico del hormigón armado 25 kN/m<sup>3</sup>.
  - Terreno: Como datos característicos de los materiales existentes en el trasdós de las pantallas se recoge lo definido en el anejo de geotecnia..
    - Relleno:
      - Peso específico: 1,90 T/m<sup>3</sup>
      - Angulo de rozamiento interno: 30°
      - Cohesión: 0,0 T/m<sup>2</sup>
      - Módulo deformación=4 Mpa
    - Margas (grado II):
      - Peso específico: 2,60 T/m<sup>3</sup>
      - Angulo de rozamiento interno: 45°
      - Cohesión: 100,0 T/m<sup>2</sup>
      - Módulo deformación=1000 MPa
- Acciones Variables
  - Sobrecarga en trasdós 1,00 T/m<sup>2</sup>.

#### 5.7.4 PROCESO CONSTRUCTIVO

La pantalla de contención se ejecuta según las etapas constructivas indicadas en los planos correspondientes:

1. Perforación y ejecución de los micropilotes.
2. Construcción de la viga de atado y ejecución de los anclajes sobre la viga de atado.
3. Excavación del terreno hasta cota final.

El proceso constructivo señalado debe respetarse durante la ejecución de la estructura debido a que ha sido éste el contemplado en el análisis estructural de la misma, y es aquél que garantiza que se

registren los esfuerzos, reacciones y deformaciones previstas en el análisis estructural que se detalla en apartados posteriores de la presente nota de cálculo.

### 5.7.5 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

El dimensionamiento y cálculo de las pantallas de micropilotes se realizará por medio de hojas de cálculo elaboradas por EPTISA basadas en las recomendaciones recogidas en la “Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera”.

En todos los casos se comprobarán los siguientes elementos:

- Micropilotes: se comprueban movimientos, y la resistencia a flexión y cortante.
- Anclajes: se comprueba la rotura parcial del anclaje, la rotura del tirante a tracción, el deslizamiento del tirante dentro del bulbo y la pérdida de tensión del tirante en el anclaje por deslizamiento del bulbo respecto al terreno.
- Vigas de reparto: se comprueba, para los diferentes niveles de anclajes, la resistencia a flexión y a cortante de la viga.
- Se comprueba la carga de hundimiento de los elementos verticales que componen las pantallas.

**APÉNDICE Nº 11.1. CÁLCULOS SALIDA DE EMERGENCIA  
SASUATEGI**



**APÉNDICE Nº 11.2. CALCULOS VENTILACION DE EMERGENCIA  
C/ LORETE**



