



LKS INGENIERÍA, S.COOP.



Anejo 04. Estructura del encauzamiento

Proyecto • Proiektua

DEFENSA CONTRA INUNDACIONES Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL DE LAS REGATAS OLAA E IÑURRITZA EN ZARAUTZ

Promotor • Sustatzailea

URA AGENTZIA

Fecha • Data

Abril 2018 Apirila

Autor • Eqilea

Jon Imanol Fernández Lobo

Ingeniero de Caminos, C. y P.

Índice

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	NORMATIVA DE APLICACIÓN	3
3.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y DIMENSIONADO	4
3.1.	Periodo de servicio	4
3.2.	Proceso	4
3.3.	Situaciones de dimensionado	4
3.4.	Metodo de dimensionamiento	4
4.	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES ESTRUCTURALES	5
5.	SOLUCIONES ESTRUCTURALES	6
5.1.	ZONA IRITA-REGATA IÑURRITZA	6
5.2.	ZONA ERROTABERRI- REGATA OLAA	28
6.	RESUMEN Y CONCLUSIONES	75

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este Anejo es la descripción de las distintas soluciones estructurales adoptadas para lograr el encauzamiento y la recuperación ambiental de las regatas Olaa e Iñurritza dentro del proyecto **"Proyecto de defensa contra inundaciones y recuperación ambiental de las regatas Olaa e Iñurritza en Zarautz"**

Se contempla la ejecución distintas tipologías de sostenimiento en función de las características del terreno y del entorno existentes, así como la ejecución de un puente y un cajón para salvar el obstáculo que supondrá el encauzamiento de la regata Olaa.

Para lograr la adecuación ambiental de la regata Iñurritza será preciso, también, ejecutar una serie de contenciones.

La definición total de las estructuras a construir la forman además del presente Anejo de cálculos estructurales, los Planos, Pliego de Condiciones y las Mediciones. Si de la lectura de los distintos documentos se dedujese alguna contradicción, corresponderá su aclaración a la Dirección Facultativa, no siendo válida ninguna interpretación dada por la Empresa Constructora.

La información incluida en este anejo deberá contar con la aprobación de la dirección del proyecto o de la ejecución de la obra.

2. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Serán de aplicación en el presente proyecto, los siguientes:

- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11)
- Norma de construcción sismorresistente: Puentes (NSCP-07)
- Guía de cimentaciones en obras de carretera
- Guía para el proyecto y ejecución de micropilotes en obras de carretera
- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)

Además de la normativa descrita se ha empleado bibliografía técnica específica para los sistemas estructurales empleados.

3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y DIMENSIONADO

3.1. Periodo de servicio

La vida útil asignada a la estructura es de 100 años

3.2. Proceso

1. Determinación de situaciones de dimensionado
2. Establecimiento de las acciones
3. Análisis estructural
4. Dimensionado

3.3. Situaciones de dimensionado

- PERSISTENTES: Condiciones normales de uso.
- TRANSITORIAS: Condiciones aplicables durante un tiempo limitado.
- EXTRAORDINARIAS: Condiciones excepcionales en las que se puede encontrar o estar expuesta la estructura.

3.4. Metodo de dimensionamiento

En líneas generales, el modelo de dimensionamiento utilizado de las secciones será el de los estados límite que se clasifican en: estados límite último y estados límite de servicio

En cuanto a los estados límites de servicio se realizan las siguientes comprobaciones:

- Deformaciones
- Tensiones admisible en el terreno
- Fisuración
- Hundimiento
- Rotura horizontal del terreno

En cuanto a los estados límites últimos se realiza la siguiente comprobación:

- Agotamiento frente a solicitaciones normales: Se comprueba que la armadura dispuesta es suficiente para resistir los esfuerzos correspondientes a la flexión y esfuerzo axil existentes.
- Agotamiento frente a cortante: Se comprueba que la sección de hormigón propuesta es adecuada para resistir el esfuerzo cortante existente.
- Agotamiento frente a punzonamiento: Se comprueba que la sección proyectada es válida para resistir las cargas puntuales a que está sometida la sección.

4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES ESTRUCTURALES

La tipificación de los distintos tipos de hormigón utilizados se puede estudiar detenidamente en los cuadros de materiales de los diferentes tipos de estructura recogidos en el documento nº2 Planos.

Como norma general se han seguido las siguientes pautas:

- Elementos enterrados en el terreno por debajo del nivel del mar susceptibles de estar en contacto con agua de mar, hormigón HA-35 y ambiente IIIc con cemento sulforesistente.
- Elementos enterrados en el terreno que no son susceptibles de estar en contacto con agua de mar, hormigón HA-25 y ambiente IIa.
- Elementos exteriores, hormigón HA-30 y ambiente IIIa con cemento sulforesistente.

Existen excepciones en algunos elementos que, por necesidades resistentes o de otro tipo, se han proyectado de acuerdo con otro criterio. En cualquier caso la definición completa se recoge en los mencionados cuadros de materiales.

5. SOLUCIONES ESTRUCTURALES

A continuación, y para cada una de las tipologías estructurales proyectadas en las dos regatas, se procede a la justificación de la solución adoptada siguiendo el siguiente esquema:

- Descripción de la solución adoptada
- Modelo de cálculo
- Condicionantes geotécnicos
- Criterios de diseño y definición de acciones
- Análisis de resultados

5.1. ZONA IRITA-REGATA IÑURRITZA

5.1.1. Descripción de la solución adoptada

En la regata Iñurritza se prevé la ejecución de dos aletas de hormigón armado en la zona en que la regata se bifurca y pasa por debajo del paso superior existente. Estas aletas tendrán dos objetivos, por un lado, servir de contención lateral de los muros de escollera con relleno en talud ejecutados a ambos lados de dicha bifurcación y, por otro, evitar la generación de un elemento que pueda alterar el comportamiento hidráulico de la regata. A continuación se muestra una imagen en planta y alzado de las aletas a ejecutar:

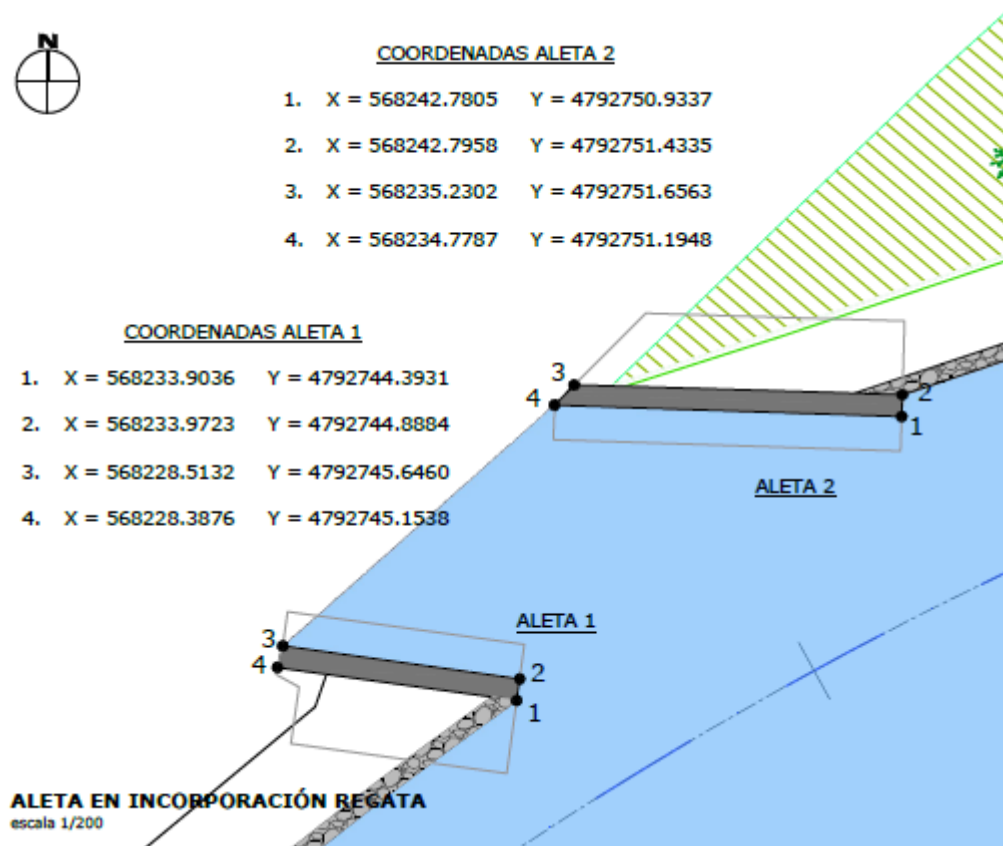


Fig.1 Aletas a ejecutar en regata Iñurritza

Estas aletas, que consistirán en muros ménsula sobre zapata corrida, tendrán altura variable a lo largo de su longitud con un máximo de 4.20 m Y un mínimo de 2.90 m para adaptarse a la geometría del relleno a contener. La geometría de la zapata corrida, de 40 cm de espesor, también se adaptará a la del muro existente con una anchura máxima de 2.90m.

Aguas arriba de estos elementos, para conseguir la transición del muro de escollera a ejecutar hasta el muro existente en el encauzamiento se ejecutará un muro ménsula sobre zapata corrida cuya forma en planta se muestra a continuación:

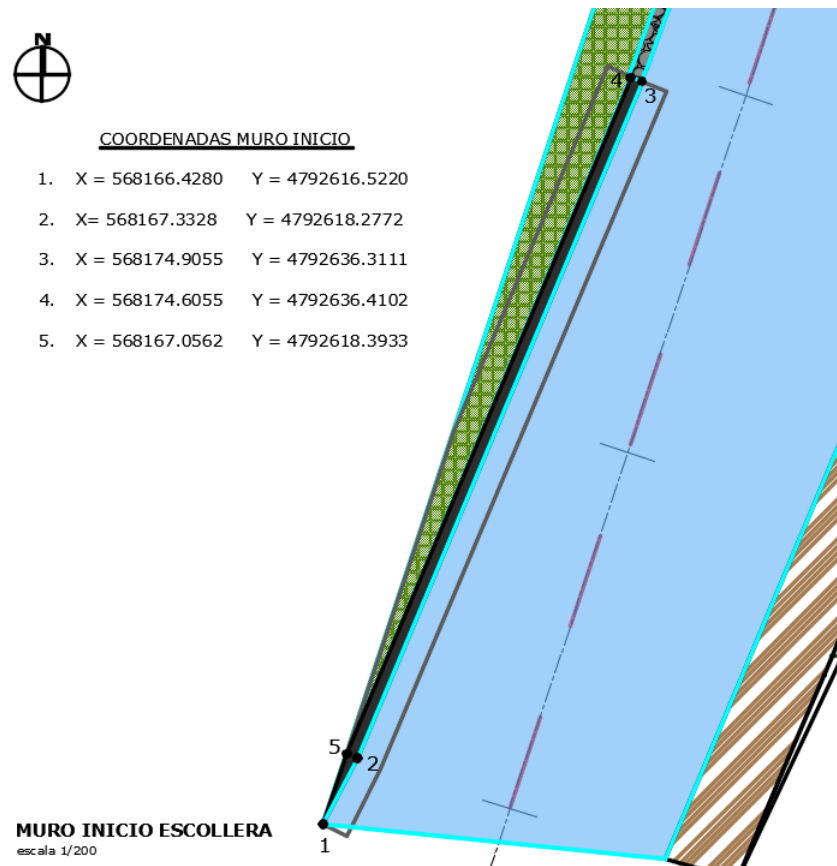


Fig.2 Muro inicio de escollera

Este muro ménsula, de 2.00m de altura, se construye sobre zapata corrida de ancho variable para adaptarse a la geometría del muro de encauzamiento existente. El ancho máximo de la zapata es de 1.90 m, mientras que el mínimo es de 1.20m.

5.1.2. Modelos de cálculo

Para el dimensionamiento de estos elementos se ha empleado el programa CYPE 2018, concretamente el módulo correspondiente a muros tipo ménsula.

Se han realizado distintos modelos que se considera cubren las distintas casuísticas de cálculo existentes. Se muestra a continuación una imagen del modelo utilizado para el cálculo del muro de escollera y una imagen de la aleta tipo:

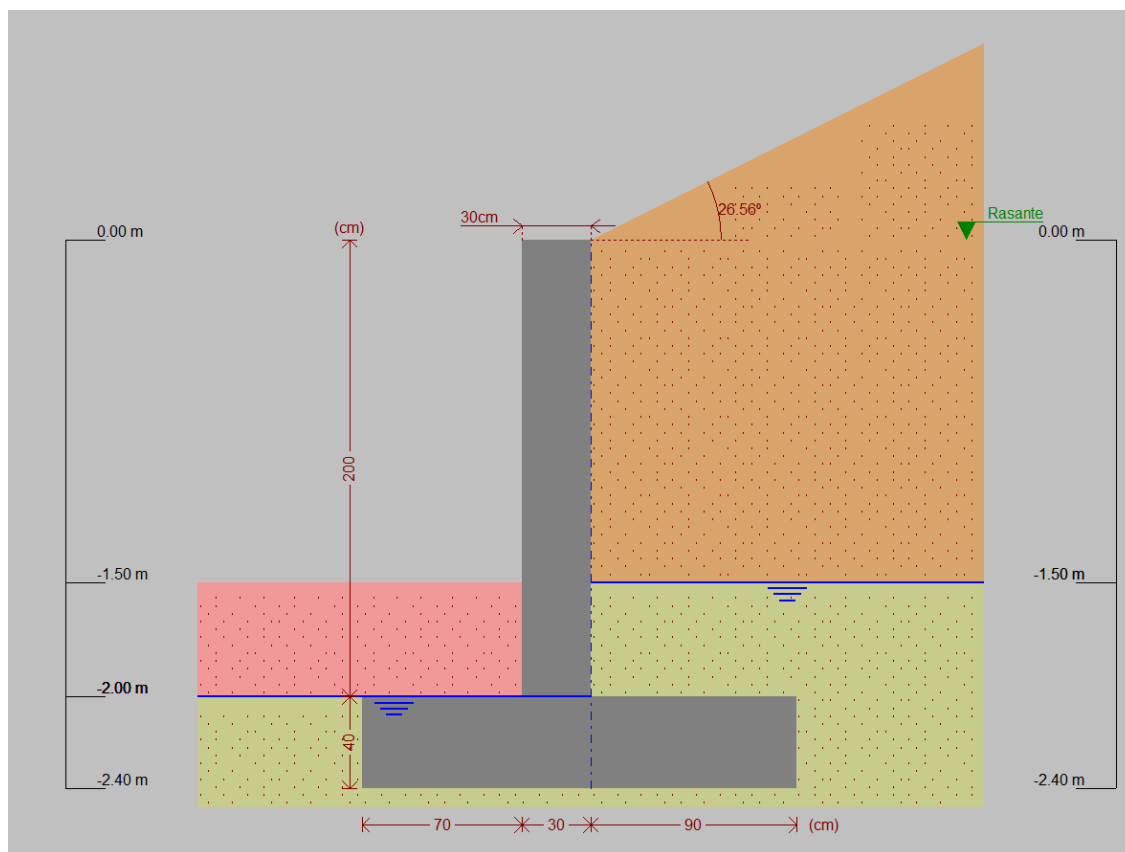


Fig.3 Modelo de muro de inicio de regata

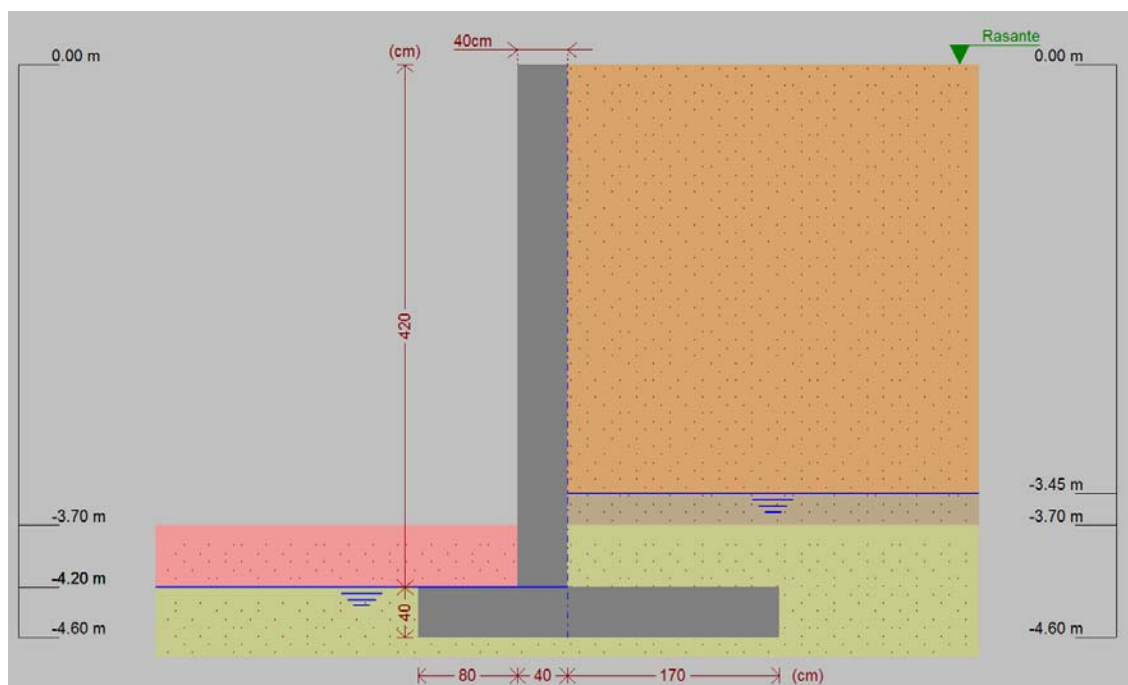


Fig.4 Aleta tipo

5.1.3. Condicionantes geotécnicos

En la regata Iñurritza no se tiene información geotécnica del terreno por lo que, antes del inicio de las obras, se deberá comprobar que las suposiciones seguidas en el cálculo se ajustan a la realidad.

Se ha supuesto una tensión media admisible en el terreno de 1kg/cm^2 y una tensión punta admisible de 1.25kg/cm^2 .

Para la verificación frente a deslizamiento de las zapatas se ha supuesto que el terreno natural tiene un ángulo de rozamiento de 28° con cohesión nula.

El terreno con el que se rellenará el trasdós de los muros y aletas será del tipo granular seleccionado con un ángulo de rozamiento de 30° .

El talud del relleno es de 26.56° para el muro de inicio de la escollera y horizontal en el caso de las aletas.

Se dispondrá un sistema de mechinales que aseguren que el nivel freático en el trasdós e intradós del muro sea el mismo (en el cálculo se ha considerado un pequeño desfase de forma conservadora).

Las zapatas se empotrarán al menos 50cm en el terreno.

5.1.4. Criterios de diseño y definición de acciones

A la hora de considera el empuje del terreno en el trasdós de los muros tiene sentido pensar que se va a movilizar el empuje activo (con pequeños desplazamientos se puede considerar el empuje activo en vez del reposo, según el gráfico que se muestra a continuación:

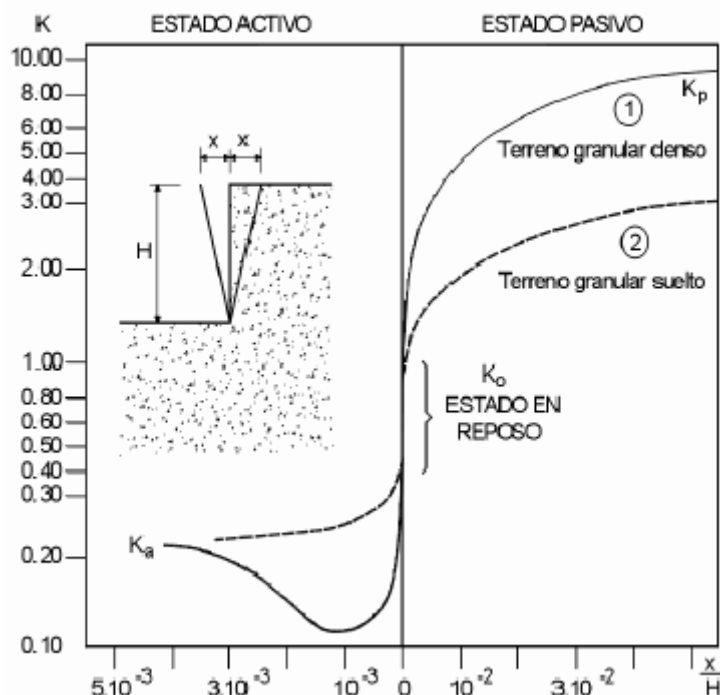


Fig.5 Coeficientes de empuje

No se considera la aplicación de ninguna sobrecarga sobre los rellenos puesto que no va a ser una zona en la que puedan transitar peatones ni circular vehículos.

Se dispondrán mechinales en los muros que aseguren que el nivel freático sea prácticamente el mismo a ambos lados de los muros (además, hay que tener en cuenta que el agua circulará por debajo de las cimentaciones de los muros). Para tener en cuenta el pequeño desfase temporal que puede existir

entre las variaciones mareales en el intradós de los muros y la variación del nivel freático en el trasdós de los mismos se ha supuesto una pequeña diferencia de nivel freático.

Se ha tenido en cuenta también el caso en que los niveles de agua se encuentran igualados y se genera una subpresión sobre el muro, no resultando este caso pésimo respecto el caso habitual.

Por último, se ha tenido en cuenta también que Zarautz es zona sísmica y que se debe tener en cuenta a la hora de realizar el cálculo. El incremento de empuje que supone esta acción se ha tenido en cuenta según la formulación de Mononobe-Okabe con una aceleración de cálculo de 0.042g.

5.1.5. Análisis de resultados

Se adjuntan a continuación los resultados obtenidos para el muro de inicio de escollera y las aletas:

- Muro de inicio de escollera:

Selección de listados

Muro inicio escollera

1.- NORMA Y MATERIALES

Norma: EHE-08 (España)
Hormigón: HA-35, $Y_c=1.5$
Acero de barras: B 500 S, $Y_s=1.15$
Tipo de ambiente: Clase IIc
Recubrimiento en el intradós del muro: 5.0 cm
Recubrimiento en el trasdós del muro: 5.0 cm
Recubrimiento superior de la cimentación: 5.0 cm
Recubrimiento inferior de la cimentación: 5.0 cm
Recubrimiento lateral de la cimentación: 7.0 cm
Tamaño máximo del árido: 20 mm

2.- ACCIONES

Aceleración Sísmica. Aceleración de cálculo: 0.04 Porcentaje de sobrecarga: 0 %
Empuje en el intradós: Pasivo
Empuje en el trasdós: Activo

3.- DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m
Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m
Enrase: Trasdós
Longitud del muro en planta: 10.00 m
Separación de las juntas: 7.00 m
Tipo de cimentación: Zapata corrida

4.- DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Ángulo talud: 27 grados
Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro: 0 %
Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro: 0 %
Evacuación por drenaje: 100 %
Porcentaje de empuje pasivo: 50 %
Cota empuje pasivo: 0.50 m
Tensión admisible: 0.100 MPa
Coeficiente de rozamiento terreno-cimiento: 0.51
Profundidad del nivel freático: 1.50 m

ESTRATOS

Referencias	Cota superior	Descripción	Coeficientes de empuje
1	0.00 m	Densidad aparente: 20.00 kN/m ³ Densidad sumergida: 11.00 kN/m ³ Ángulo rozamiento interno: 30.00 grados Cohesión: 0.00 kN/m ²	Activo trasdós: 0.33 Pasivo intradós: 3.00
2 - terreno natural	-1.50 m	Densidad aparente: 18.00 kN/m ³ Densidad sumergida: 11.00 kN/m ³ Ángulo rozamiento interno: 27.00 grados Cohesión: 0.00 kN/m ²	Activo trasdós: 0.38 Pasivo intradós: 2.66

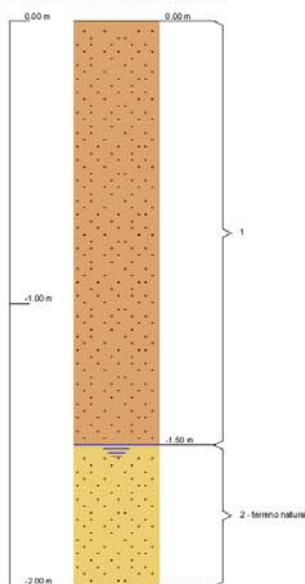
Selección de listados

Muro inicio escollera

RELLENO EN INTRADÓS

Referencias	Descripción	Coefficientes de empuje
Relleno	Densidad aparente: 18.00 kN/m ³ Densidad sumergida: 11.00 kN/m ³ Ángulo rozamiento interno: 27.00 grados Cohesión: 0.00 kN/m ²	Activo trasdós: 0.38 Pasivo intradós: 2.66

5.- SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO



6.- GEOMETRÍA

MURO

Altura: 2.00 m
Espesor superior: 30.0 cm
Espesor inferior: 30.0 cm

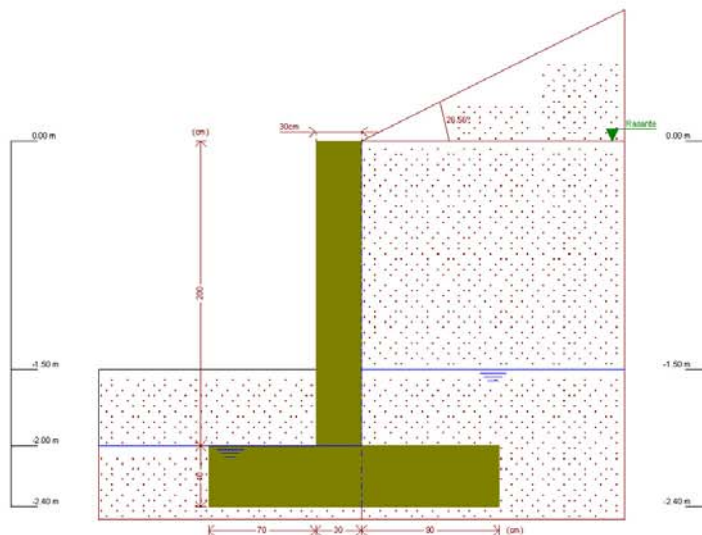
ZAPATA CORRIDA

Con puntera y talón
Canto: 40 cm
Vuelos intradós / trasdós: 70.0 / 90.0 cm
Hormigón de limpieza: 10 cm

Selección de listados

Muro inicio escollera

7.- ESQUEMA DE LAS FASES



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Fase	Con nivel freático trasdós hasta la cota: -1.50 m Con nivel freático intradós hasta la cota: -2.00 m

8.- RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mejorar.

FASE 1: FASE

CARGA PERMANENTE Y EMPUJE DE TIERRAS

Cota (m)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m ²)	Presión hidrostática (kN/m ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.19	1.40	0.19	0.01	2.04	0.00
-0.39	2.87	0.81	0.11	4.18	0.00
-0.59	4.34	1.87	0.37	6.32	0.00
-0.79	5.81	3.34	0.88	8.47	0.00
-0.99	7.28	5.25	1.73	10.61	0.00
-1.19	8.76	7.59	3.01	12.75	0.00
-1.39	10.23	10.35	4.80	14.89	0.00
-1.59	11.70	13.76	7.19	18.89	0.88
-1.79	13.17	18.08	10.36	20.63	2.84
-1.99	14.64	23.15	14.47	22.37	4.81
Máximos	14.72	23.42	14.70	22.45	4.91
	Cota: -2.00 m	Cota: -2.00 m	Cota: -2.00 m	Cota: -2.00 m	Cota: -2.00 m
Mínimos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m

Selección de listados

Muro inicio escollera

CARGA PERMANENTE Y EMPUJE DE TIERRAS CON PORCENTAJE DE SOBRECARGA Y SISMO

Cota (m)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m ²)	Presión hidrostática (kN/m ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
-0.19	1.40	0.29	0.02	2.50	0.00
-0.39	2.87	1.12	0.15	5.13	0.00
-0.59	4.34	2.46	0.50	7.76	0.00
-0.79	5.81	4.34	1.17	10.39	0.00
-0.99	7.28	6.74	2.27	13.03	0.00
-1.19	8.76	9.67	3.90	15.66	0.00
-1.39	10.23	13.12	6.17	18.29	0.00
-1.59	11.70	17.35	9.20	23.15	0.96
-1.79	13.17	22.66	13.18	25.36	2.98
-1.99	14.64	28.80	18.32	27.58	4.98
Máximos	14.72 Cota: -2.00 m	29.13 Cota: -2.00 m	18.61 Cota: -2.00 m	27.69 Cota: -2.00 m	5.08 Cota: -2.00 m
Mínimos	0.00 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m

9.- COMBINACIONES

HIPÓTESIS

1 - Carga permanente
2 - Empuje de tierras
3 - Sismo

COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

Combinación	Hipótesis		
	1	2	3
1	1.00	1.00	
2	1.35	1.00	
3	1.00	1.50	
4	1.35	1.50	
5	1.00	1.00	1.00

COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Combinación	Hipótesis	
	1	2
1	1.00	1.00

Selección de listados

Muro inicio escollera

10.- DESCRIPCIÓN DEL ARMADO

CORONACIÓN				
Armadura superior: 2Ø12				
Anclaje intradós / trasdós: 20 / 20 cm				
TRAMOS				
Núm.	Intradós		Trasdós	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
1	Ø10c/20 Solape: 0.4 m	Ø10c/20	Ø12c/15 Solape: 0.6 m	Ø10c/20
ZAPATA				
Armadura		Longitudinal	Transversal	
Superior		Ø12c/20	Ø12c/20 Patilla Intradós / Trasdós: 30 / 30 cm	
Inferior		Ø12c/20	Ø12c/20 Patilla intradós / trasdós: 30 / 30 cm	
Longitud de pata en arranque: 30 cm				

11.- COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA

Referencia: Muro: Muro inicio escollera		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación a rasante en arranque muro: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 432.7 kN/m Calculado: 35.1 kN/m	Cumple
Espesor mínimo del tramo: <i>Jiménez Salas, J.A., Geotecnia y Cimientos II, (Cap. 12)</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación libre mínima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i>	Mínimo: 2.5 cm	
- Trasdós:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Intradós:	Calculado: 19 cm	Cumple
Separación máxima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i>	Máximo: 30 cm	
- Trasdós:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Intradós:	Calculado: 20 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima horizontal por cara: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.001	
- Trasdós (-2.00 m):	Calculado: 0.0013	Cumple
- Intradós (-2.00 m):	Calculado: 0.0013	Cumple
Cuantía mínima mecánica horizontal por cara: <i>Criterio J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano". (Cuantía horizontal > 20% Cuantía vertical)</i>	Calculado: 0.0013	
- Trasdós:	Mínimo: 0.0005	Cumple
- Intradós:	Mínimo: 0.00026	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0009	
- Trasdós (-2.00 m):	Calculado: 0.00251	Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.2</i>	Mínimo: 0.00214	
- Trasdós (-2.00 m):	Calculado: 0.00251	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.00027	
- Intradós (-2.00 m):	Calculado: 0.0013	Cumple

Selección de listados

Muro inicio escollera

Referencia: Muro: Muro inicio escollera		
Comprobación	Valores	Estado
Cuantía mínima mecánica vertical cara comprimida: - Intradós (-2.00 m): <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.3</i>	Mínimo: 0 Calculado: 0.0013	Cumple
Separación libre mínima armaduras verticales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i> - Trasdós, vertical: - Intradós, vertical:	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 12.6 cm Calculado: 18 cm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i> - Armadura vertical Trasdós, vertical: - Armadura vertical Intradós, vertical:	Máximo: 30 cm Calculado: 15 cm Calculado: 20 cm	Cumple Cumple
Comprobación a flexión compuesta: <i>Comprobación realizada por unidad de longitud de muro</i>		Cumple
Comprobación a cortante: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.2.1</i>	Máximo: 191.4 kN/m Calculado: 25.9 kN/m	Cumple
Comprobación de fisuración: <i>Norma EHE-08. Artículo 49.2.3</i>	Máximo: 0.1 mm Calculado: 0 mm	Cumple
Longitud de solapes: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.5.2</i> - Base trasdós: - Base intradós:	Mínimo: 0.58 m Calculado: 0.6 m Mínimo: 0.35 m Calculado: 0.4 m	Cumple Cumple
Comprobación del anclaje del armado base en coronación: <i>Criterio J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano".</i> - Trasdós: - Intradós:	Calculado: 20 cm Mínimo: 18 cm Mínimo: 0 cm	Cumple Cumple
Área mínima longitudinal cara superior viga de coronación: <i>Criterio J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano".</i>	Mínimo: 2.2 cm ² Calculado: 2.2 cm ²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Trasdós: -2.00 m - Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Intradós: -2.00 m - Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -2.00 m, Md: 22.06 kN-m/m, Nd: 14.71 kN/m, Vd: 35.13 kN/m, Tensión máxima del acero: 112.772 MPa - Sección crítica a cortante: Cota: -1.76 m		
Referencia: Zapata corrida: Muro inicio escollera		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación de estabilidad: <i>Valor introducido por el usuario.</i> - Coeficiente de seguridad al vuelco (Situaciones persistentes): - Coeficiente de seguridad al vuelco (Situaciones accidentales sísmicas): - Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situaciones persistentes): - Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situaciones accidentales sísmicas):	Mínimo: 2 Calculado: 4.21 Mínimo: 1.33 Calculado: 3.37 Mínimo: 1.5 Calculado: 1.51 Mínimo: 1.1 Calculado: 1.23	Cumple Cumple Cumple Cumple
Canto mínimo: - Zapata: <i>Norma EHE-08. Artículo 58.8.1</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple

Selección de listados

Muro inicio escollera

Referencia: Zapata corrida: Muro inicio escollera		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Valor introducido por el usuario.</i> <ul style="list-style-type: none"> - Tensión media (Situaciones persistentes): - Tensión máxima (Situaciones persistentes): - Tensión media (Situaciones accidentales sísmicas): - Tensión máxima (Situaciones accidentales sísmicas): 	Máximo: 0.1 MPa Calculado: 0.0491 MPa Máximo: 0.125 MPa Calculado: 0.0551 MPa Máximo: 0.1 MPa Calculado: 0.0491 MPa Máximo: 0.15 MPa Calculado: 0.0662 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flexión en zapata: <i>Comprobación basada en criterios resistentes</i> <ul style="list-style-type: none"> - Armado superior trasdós: - Armado inferior trasdós: - Armado superior intradós: - Armado inferior intradós: 	Calculado: 5.65 cm ² /m Mínimo: 1.23 cm ² /m Mínimo: 0 cm ² /m Mínimo: 0 cm ² /m Mínimo: 0.98 cm ² /m	Cumple Cumple Cumple Cumple
Esfuerzo cortante: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.2.1</i> <ul style="list-style-type: none"> - Trasdós (Situaciones persistentes): - Trasdós (Situaciones accidentales sísmicas): - Intradós (Situaciones persistentes): - Intradós (Situaciones accidentales sísmicas): 	Máximo: 240.8 kN/m Calculado: 21.9 kN/m Calculado: 17.8 kN/m Calculado: 17.9 kN/m Calculado: 15.4 kN/m	Cumple Cumple Cumple Cumple
Longitud de anclaje: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.5</i> <ul style="list-style-type: none"> - Arranque trasdós: - Arranque intradós: - Armado inferior trasdós (Patilla): - Armado inferior intradós (Patilla): - Armado superior trasdós (Patilla): - Armado superior intradós (Patilla): 	Mínimo: 15 cm Calculado: 32.6 cm Mínimo: 17 cm Calculado: 32.6 cm Mínimo: 0 cm Calculado: 30 cm Mínimo: 0 cm Calculado: 30 cm Mínimo: 0 cm Calculado: 30 cm Mínimo: 0 cm Calculado: 30 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Recubrimiento: <ul style="list-style-type: none"> - Lateral: <i>Norma EHE-08. Artículo 37.2.4.1</i>	Mínimo: 7 cm Calculado: 7 cm	Cumple
Diámetro mínimo: <i>Norma EHE-08. Artículo 58.8.2.</i> <ul style="list-style-type: none"> - Armadura transversal inferior: - Armadura longitudinal inferior: - Armadura transversal superior: - Armadura longitudinal superior: 	Mínimo: Ø12 Calculado: Ø12 Calculado: Ø12 Calculado: Ø12 Calculado: Ø12	Cumple Cumple Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i> <ul style="list-style-type: none"> - Armadura transversal inferior: - Armadura transversal superior: - Armadura longitudinal inferior: - Armadura longitudinal superior: 	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm Calculado: 20 cm Calculado: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple

Selección de listados

Muro inicio escollera

Referencia: Zapata corrida: Muro inicio escollera		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armadura transversal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura transversal superior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: 20 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0009	
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: 0.00141	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: 0.00141	Cumple
- Armadura transversal inferior:	Calculado: 0.00141	Cumple
- Armadura transversal superior:	Calculado: 0.00141	Cumple
Cuantía mecánica mínima:	Calculado: 0.00141	
- Armadura longitudinal inferior: <i>Norma EHE-08. Artículo 55</i>	Mínimo: 0.00035	Cumple
- Armadura longitudinal superior: <i>Norma EHE-08. Artículo 55</i>	Mínimo: 0.00035	Cumple
- Armadura transversal inferior: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.2</i>	Mínimo: 0.00035	Cumple
- Armadura transversal superior: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.2</i>	Mínimo: 0.00044	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Momento flector pésimo en la sección de referencia del trasdós: 17.70 kN·m/m		
- Momento flector pésimo en la sección de referencia del intradós: 14.08 kN·m/m		

- Aleta tipo

Selección de listados

Aleta tipo

1.- NORMA Y MATERIALES

Norma: EHE-08 (España)
Hormigón: HA-35, $Y_c=1.5$
Acero de barras: B 500 S, $Y_s=1.15$
Tipo de ambiente: Clase IIc
Recubrimiento en el intradós del muro: 5.0 cm
Recubrimiento en el trasdós del muro: 5.0 cm
Recubrimiento superior de la cimentación: 5.0 cm
Recubrimiento inferior de la cimentación: 5.0 cm
Recubrimiento lateral de la cimentación: 7.0 cm
Tamaño máximo del árido: 30 mm

2.- ACCIONES

Aceleración Sísmica. Aceleración de cálculo: 0.04 Porcentaje de sobrecarga: 0 %
Empuje en el intradós: Pasivo
Empuje en el trasdós: Activo

3.- DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m
Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m
Enrase: Trasdós
Longitud del muro en planta: 10.00 m
Sin juntas de retracción
Tipo de cimentación: Zapata corrida

4.- DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro: 0 %
Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro: 0 %
Evacuación por drenaje: 100 %
Porcentaje de empuje pasivo: 100 %
Cota empuje pasivo: 0.50 m
Tensión admisible: 0.100 MPa
Coeficiente de rozamiento terreno-cimiento: 0.51
Profundidad del nivel freático: 3.45 m

ESTRATOS

Referencias	Cota superior	Descripción	Coeficientes de empuje
1	0.00 m	Densidad aparente: 20.00 kN/m ³ Densidad sumergida: 11.00 kN/m ³ Ángulo rozamiento interno: 30.00 grados Cohesión: 0.00 kN/m ²	Activo trasdós: 0.33 Pasivo intradós: 3.00
2	-3.70 m	Densidad aparente: 18.00 kN/m ³ Densidad sumergida: 11.00 kN/m ³ Ángulo rozamiento interno: 27.00 grados Cohesión: 0.00 kN/m ²	Activo trasdós: 0.38 Pasivo intradós: 2.66

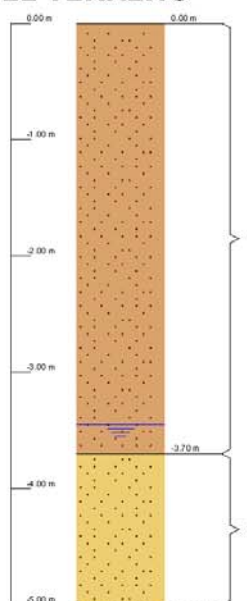
Selección de listados

Aleta tipo

RELLENO EN INTRADÓS

Referencias	Descripción	Coefficientes de empuje
Relleno	Densidad aparente: 18.00 kN/m ³ Densidad sumergida: 11.00 kN/m ³ Ángulo rozamiento interno: 28.00 grados Cohesión: 0.00 kN/m ²	Activo trasdós: 0.36 Pasivo intradós: 2.77

5.- SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO



6.- GEOMETRÍA

MURO

Altura: 4.20 m
Espesor superior: 40.0 cm
Espesor inferior: 40.0 cm

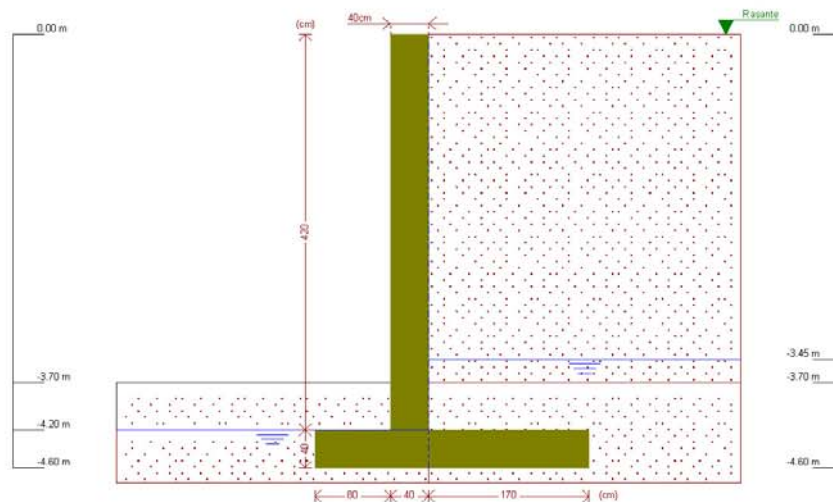
ZAPATA CORRIDA

Con puntera y talón
Canto: 40 cm
Vuelos intradós / trasdós: 80.0 / 170.0 cm
Hormigón de limpieza: 10 cm

Selección de listados

Aleta tipo

7.- ESQUEMA DE LAS FASES



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Fase	Con nivel freático trasdós hasta la cota: -3.45 m Con nivel freático intradós hasta la cota: -4.20 m

8.- RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

FASE 1: FASE

CARGA PERMANENTE Y EMPUJE DE TIERRAS

Cota (m)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m ²)	Presión hidrostática (kN/m ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
-0.41	4.02	0.56	0.08	2.73	0.00
-0.83	8.14	2.30	0.64	5.53	0.00
-1.25	12.26	5.21	2.17	8.33	0.00
-1.67	16.38	9.30	5.18	11.13	0.00
-2.09	20.50	14.56	10.14	13.93	0.00
-2.51	24.62	21.00	17.57	16.73	0.00
-2.93	28.74	28.62	27.95	19.53	0.00
-3.35	32.86	37.41	41.77	22.33	0.00
-3.77	36.98	47.94	59.58	27.23	3.14
-4.19	41.10	61.92	82.57	28.97	7.26
Máximos	41.20	62.29	83.19	29.01	7.36
	Cota: -4.20 m	Cota: -4.20 m	Cota: -4.20 m	Cota: -4.20 m	Cota: -4.20 m
Mínimos	0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00
	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m

Selección de listados

Aleta tipo

CARGA PERMANENTE Y EMPUJE DE TIERRAS CON PORCENTAJE DE SOBRECARGA Y SISMO

Cota (m)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m ²)	Presión hidrostática (kN/m ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.41	4.02	0.77	0.12	2.99	0.00
-0.83	8.14	2.84	0.83	6.06	0.00
-1.25	12.26	6.19	2.68	9.12	0.00
-1.67	16.38	10.83	6.21	12.19	0.00
-2.09	20.50	16.76	11.96	15.25	0.00
-2.51	24.62	23.98	20.47	18.32	0.00
-2.93	28.74	32.48	32.28	21.38	0.00
-3.35	32.86	42.27	47.93	24.45	0.00
-3.77	36.98	53.94	68.01	29.70	3.31
-4.19	41.10	69.25	93.79	31.59	7.52
Máximos	41.20 Cota: -4.20 m	69.65 Cota: -4.20 m	94.49 Cota: -4.20 m	31.64 Cota: -4.20 m	7.62 Cota: -4.20 m
Mínimos	0.00 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m

9.- COMBINACIONES

HIPÓTESIS

1 - Carga permanente
2 - Empuje de tierras
3 - Sismo

COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

Combinación	Hipótesis		
	1	2	3
1	1.00	1.00	
2	1.35	1.00	
3	1.00	1.50	
4	1.35	1.50	
5	1.00	1.00	1.00

COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Combinación	Hipótesis	
	1	2
1	1.00	1.00

Selección de listados

Aleta tipo

10.- DESCRIPCIÓN DEL ARMADO

CORONACIÓN				
Armadura superior: 2Ø12				
Anclaje intradós / trasdós: 30 / 30 cm				
TRAMOS				
Núm.	Intradós		Trasdós	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
1	Ø12c/15 Solape: 0.45 m	Ø12c/15	Ø12c/12.5 Solape: 0.6 m	Ø12c/15
ZAPATA				
Armadura		Longitudinal	Transversal	
Superior		Ø12c/20	Ø12c/15 Patilla Intradós / Trasdós: 10 / 10 cm	
Inferior		Ø12c/20	Ø12c/20 Patilla intradós / trasdós: 10 / 10 cm	
Longitud de pata en arranque: 30 cm				

11.- COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA

Referencia: Muro: Aleta tipo		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación a rasante en arranque muro: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 572.5 kN/m Calculado: 93.4 kN/m	Cumple
Espesor mínimo del tramo: <i>Jiménez Salas, J.A., Geotecnia y Cimientos II, (Cap. 12)</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Separación libre mínima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Trasdós:	Calculado: 13.8 cm	Cumple
- Intradós:	Calculado: 13.8 cm	Cumple
Separación máxima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i>	Máximo: 30 cm	
- Trasdós:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Intradós:	Calculado: 15 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima horizontal por cara: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0016	
- Trasdós (-4.20 m):	Calculado: 0.00188	Cumple
- Intradós (-4.20 m):	Calculado: 0.00188	Cumple
Cuantía mínima mecánica horizontal por cara: <i>Criterio J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano". (Cuantía horizontal > 20% Cuantía vertical)</i>	Calculado: 0.00188	
- Trasdós:	Mínimo: 0.00045	Cumple
- Intradós:	Mínimo: 0.00037	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada: - Trasdós (-4.20 m): <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.00226	Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada: - Trasdós (-4.20 m): <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.2</i>	Mínimo: 0.00214 Calculado: 0.00226	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida: - Intradós (-4.20 m): <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.00027 Calculado: 0.00188	Cumple

Selección de listados

Aleta tipo

Referencia: Muro: Aleta tipo		
Comprobación	Valores	Estado
Cuantía mínima mecánica vertical cara comprimida: - Intradós (-4.20 m): <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.3</i>	Mínimo: 1e-005 Calculado: 0.00188	Cumple
Separación libre mínima armaduras verticales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Trasdós, vertical:	Calculado: 10.1 cm	Cumple
- Intradós, vertical:	Calculado: 12.6 cm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura vertical Trasdós, vertical:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armadura vertical Intradós, vertical:	Calculado: 15 cm	Cumple
Comprobación a flexión compuesta: <i>Comprobación realizada por unidad de longitud de muro</i>		Cumple
Comprobación a cortante: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.2.1</i>	Máximo: 243 kN/m Calculado: 75.9 kN/m	Cumple
Comprobación de fisuración: <i>Norma EHE-08. Artículo 49.2.3</i>	Máximo: 0.1 mm Calculado: 0 mm	Cumple
Longitud de solapes: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.5.2</i>		
- Base trasdós:	Mínimo: 0.58 m Calculado: 0.6 m	Cumple
- Base intradós:	Mínimo: 0.42 m Calculado: 0.45 m	Cumple
Comprobación del anclaje del armado base en coronación: <i>Criterio J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano".</i>	Calculado: 30 cm	
- Trasdós:	Mínimo: 28 cm	Cumple
- Intradós:	Mínimo: 0 cm	Cumple
Área mínima longitudinal cara superior viga de coronación: <i>Criterio J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano".</i>	Mínimo: 2.2 cm ² Calculado: 2.2 cm ²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Trasdós: -4.20 m		
- Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Intradós: -4.20 m		
- Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -4.20 m, Md: 124.78 kN·m/m, Nd: 41.20 kN/m, Vd: 93.43 kN/m, Tensión máxima del acero: 407.838 MPa		
- Sección crítica a cortante: Cota: -3.86 m		
Referencia: Zapata corrida: Aleta tipo		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación de estabilidad: <i>Valor introducido por el usuario.</i>		
- Coeficiente de seguridad al vuelco (Situaciones persistentes):	Mínimo: 2 Calculado: 3.21	Cumple
- Coeficiente de seguridad al vuelco (Situaciones accidentales sísmicas):	Mínimo: 1.33 Calculado: 2.84	Cumple
- Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situaciones persistentes):	Mínimo: 1.5 Calculado: 1.52	Cumple
- Coeficiente de seguridad al deslizamiento (Situaciones accidentales sísmicas):	Mínimo: 1.1 Calculado: 1.37	Cumple
Canto mínimo:		
- Zapata: <i>Norma EHE-08. Artículo 58.8.1</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple

Selección de listados

Aleta tipo

Referencia: Zapata corrida: Aleta tipo		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Valor introducido por el usuario.</i>		
- Tensión media (Situaciones persistentes):	Máximo: 0.1 MPa Calculado: 0.0717 MPa	Cumple
- Tensión máxima (Situaciones persistentes):	Máximo: 0.125 MPa Calculado: 0.1118 MPa	Cumple
- Tensión media (Situaciones accidentales sísmicas):	Máximo: 0.1 MPa Calculado: 0.0717 MPa	Cumple
- Tensión máxima (Situaciones accidentales sísmicas):	Máximo: 0.15 MPa Calculado: 0.1221 MPa	Cumple
Flexión en zapata: <i>Comprobación basada en criterios resistentes</i>		
- Armado superior trasdós:	Mínimo: 6.8 cm ² /m Calculado: 7.54 cm ² /m	Cumple
- Armado inferior trasdós:	Mínimo: 0 cm ² /m Calculado: 5.65 cm ² /m	Cumple
- Armado superior intradós:	Mínimo: 0 cm ² /m Calculado: 7.54 cm ² /m	Cumple
- Armado inferior intradós:	Mínimo: 3.22 cm ² /m Calculado: 5.65 cm ² /m	Cumple
Esfuerzo cortante: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.2.1</i>		
- Trasdós (Situaciones persistentes):	Máximo: 240.8 kN/m Calculado: 79 kN/m	Cumple
- Trasdós (Situaciones accidentales sísmicas):	Calculado: 56.9 kN/m	Cumple
- Intradós (Situaciones persistentes):	Calculado: 56.8 kN/m	Cumple
- Intradós (Situaciones accidentales sísmicas):	Calculado: 42.9 kN/m	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.5</i>		
- Arranque trasdós:	Mínimo: 19.6 cm Calculado: 32.6 cm	Cumple
- Arranque intradós:	Mínimo: 28 cm Calculado: 32.6 cm	Cumple
- Armado inferior trasdós (Patilla):	Mínimo: 0 cm Calculado: 10 cm	Cumple
- Armado inferior intradós (Patilla):	Mínimo: 0 cm Calculado: 10 cm	Cumple
- Armado superior trasdós (Patilla):	Mínimo: 0 cm Calculado: 10 cm	Cumple
- Armado superior intradós (Patilla):	Mínimo: 0 cm Calculado: 10 cm	Cumple
Recubrimiento:		
- Lateral: <i>Norma EHE-08. Artículo 37.2.4.1</i>	Mínimo: 7 cm Calculado: 7 cm	Cumple
Diámetro mínimo: <i>Norma EHE-08. Artículo 58.8.2.</i>		
- Armadura transversal inferior:	Mínimo: Ø12 Calculado: Ø12	Cumple
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: Ø12	Cumple
- Armadura transversal superior:	Calculado: Ø12	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: Ø12	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i>		
- Armadura transversal inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura transversal superior:	Calculado: 15 cm	Cumple

Selección de listados

Aleta tipo

Referencia: Zapata corrida: Aleta tipo		
Comprobación	Valores	Estado
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>		
- Armadura transversal inferior:	Mínimo: 10 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura transversal superior:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: 20 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>		
- Armadura longitudinal inferior:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.00141	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: 0.00141	Cumple
- Armadura transversal inferior:	Calculado: 0.00141	Cumple
- Armadura transversal superior:	Calculado: 0.00188	Cumple
Cuantía mecánica mínima:		
- Armadura longitudinal inferior: <i>Norma EHE-08. Artículo 55</i>	Mínimo: 0.00035 Calculado: 0.00141	Cumple
- Armadura longitudinal superior: <i>Norma EHE-08. Artículo 55</i>	Mínimo: 0.00047 Calculado: 0.00141	Cumple
- Armadura transversal inferior: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.2</i>	Mínimo: 0.00105 Calculado: 0.00141	Cumple
- Armadura transversal superior: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.2</i>	Mínimo: 0.00187 Calculado: 0.00188	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Momento flector pésimo en la sección de referencia del trasdós: 95.77 kN·m/m		
- Momento flector pésimo en la sección de referencia del intradós: 45.83 kN·m/m		

5.2. ZONA ERROTABERRI - REGATA OLAA

5.2.1. Cajón Itur

- Descripción de la solución adoptada

Para salvar el encauzamiento de la regata Olaa es preciso ejecutar una obra de paso consistente en un cajón de hormigón armado de 16.17 m de longitud. Sobre este elemento se construirán dos viales, uno por cada sentido, junto con sendas aceras, a continuación de cada vial.

Este cajón estará constituido por una losa inferior de 75cm de espesor, sendos hastiales de 50cm de espesor y una losa superior de 80cm de espesor. Además, se prevé la ejecución de una losa de transición en cada hastial para evitar asentamientos de los rellenos más próximos al cajón. La anchura libre en el cajón es de 8.00 metros y la altura libre es de 4.76m. Se muestra a continuación una sección transversal.

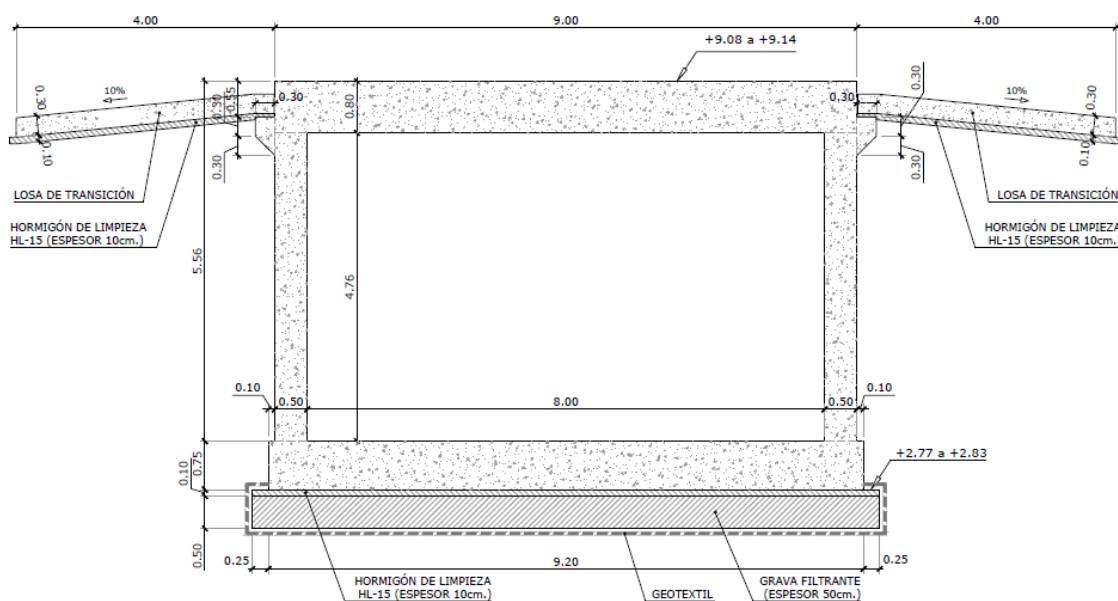


Fig.6 Sección cajón Itur

- Modelo de cálculo

Los cálculos se han realizado mediante el programa informático MIDAS CIVIL 2018 (MEF) en el que se introducen los diferentes estados de cálculo para cubrir las distintas situaciones de proyecto. El cálculo de las armaduras se ha realizado mediante el Prontuario Informático del Hormigón Estructural 3.1 EHE-08 del IECA (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones).

Se considera la cimentación del cajón mediante losa apoyada sobre un suelo elástico con muelles en los nudos (método del coeficiente de balasto), de acuerdo al modelo de Winkler, basado en una constante de proporcionalidad entre fuerzas y desplazamientos, cuyo valor es el coeficiente de balasto.

Para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático y se supone un comportamiento lineal de los materiales y, por tanto, un cálculo en primer orden en las comprobaciones frente a estados límite último y de servicio. El análisis se lleva a cabo, por tanto, de acuerdo con hipótesis simplificadoras, adecuados al estado límite a comprobar y de diferente nivel de detalle, que permiten obtener esfuerzos y desplazamientos.

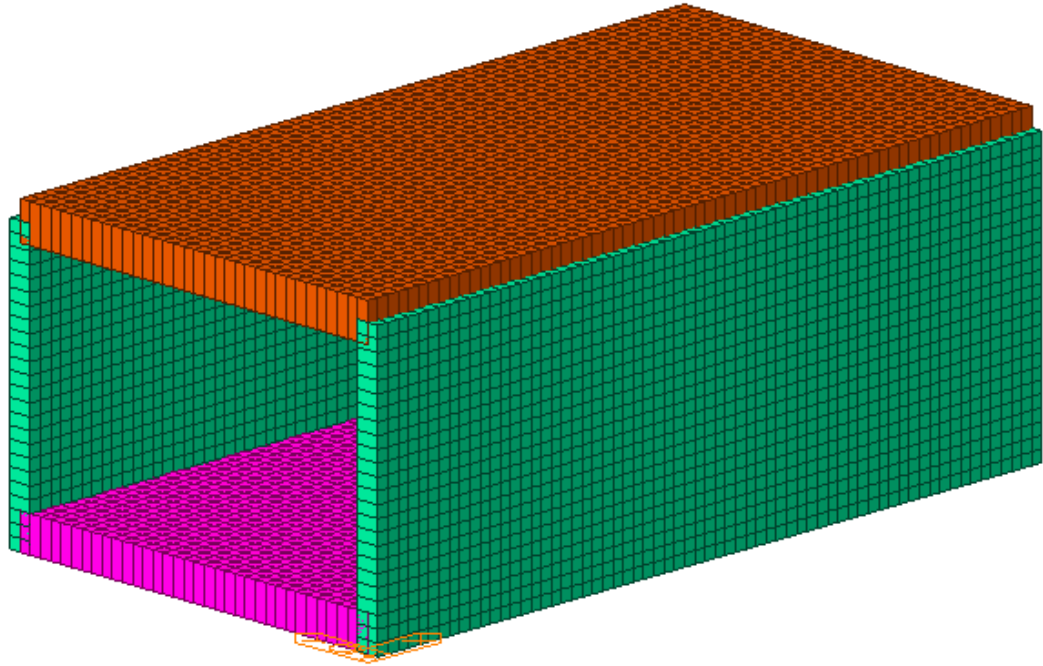


Fig.7 Modelo realizado en Midas Civil

- Condicionantes geotécnicos

De acuerdo con los datos geotécnicos del terreno existente se ha limitado la tensión media a un valor de 1.5kg/cm^2 y la tensión máxima a 1.875kg/cm^2 .

Para modelar adecuadamente la interacción existente entre el terreno y la estructura se ha definido un coeficiente de balasto de valor 6 Kg/cm^3 (K30), valor que se considera del lado de la seguridad. El coeficiente de balasto horizontal empleado es $1/3$ del vertical.

El relleno del trasdós de los hastiales será granular con un ángulo de rozamiento de 30° .

Los hastiales se consideran suficientemente rígidos como para poder considerar un estado tensional de empuje en reposo. El coeficiente de empuje en reposo se estima mediante la fórmula de Jaky:

$$K_0 = 1 - \sin\Phi$$

Para evitar la existencia de grandes asentamientos como consecuencia de la ejecución del vial que pasa por encima del cajón Itur se deberá realizar una precarga del terreno, tal y como se establece en el anejo geotécnico.

- Criterios de diseño y definición de acciones

Se han considerado, además del empuje al reposo del terreno, las siguientes acciones:

1. Peso propio

Se introduce automáticamente al realizar el modelo de cálculo

2. Carga muerta

Se corresponde con el peso propio del firme bituminoso en los viales que discurren sobre el cajón y con las aceras anexas a éstos.

3. Peso agua

Se ha considerado la posibilidad de que la lámina de agua llegue a la cota correspondiente a la avenida de 500 años (únicamente para la comprobación de tensiones sobre el terreno).

4. Cargas verticales correspondientes al tráfico de vehículos

De acuerdo con la IAP11, atendiendo a la anchura libre entre aceras se ha supuesto la existencia de dos carriles de 3m de anchura y un área remanente de un metro. Además, se ha tenido en cuenta el tráfico de peatones sobre las aceras. Las cargas aplicadas en cada uno de los carriles, en el área remanente y en las aceras son las definidas en la IAP-11 en su apartado 4.1.2

5. Cargas de frenado y arranque de vehículos

De acuerdo con el apartado 4.1.3.1 de la IAP-11 se ha estimado una carga horizontal, uniformemente repartida a nivel de pavimento, de valor 43kN/m.

6. Empuje debido a cargas verticales de vehículos

Se supone una sobrecarga de valor 20kN/m² en el trasdós de los hastiales del cajón, actuando alternativamente.

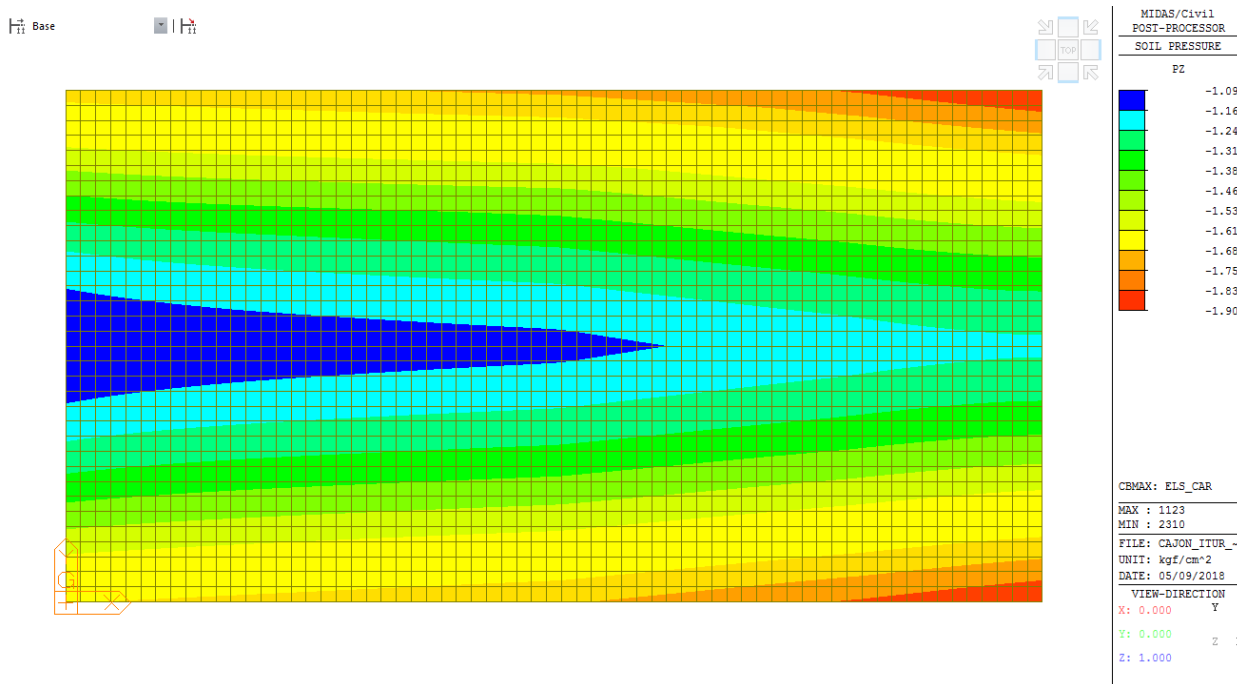
Se ha supuesto que prácticamente no existe variación del nivel de agua en el trasdós e intradós de los hastiales por lo que no se considera necesario tener en cuenta el empuje hidrostático sobre los éstos.

Se ha comprobado que la situación de cálculo accidental-sismo no resulta pésima respecto del resto de situaciones de cálculo. Esto es debido a que aplicando la formulación de Mononobe-Okabe, el efecto del sismo se representa utilizando un coeficiente de empuje activo mayor al que se emplea en los casos en que el sismo no existe. En este caso, el coeficiente de empuje activo sísmico es inferior al coeficiente al reposo. Si tenemos en cuenta que en situación sísmica los coeficientes de mayoración de acciones son iguales a la unidad y que el valor de combinación de la sobrecarga es 0.2, claramente se está en una situación menos desfavorable que la situación general de cálculo.

- **Análisis de resultados**

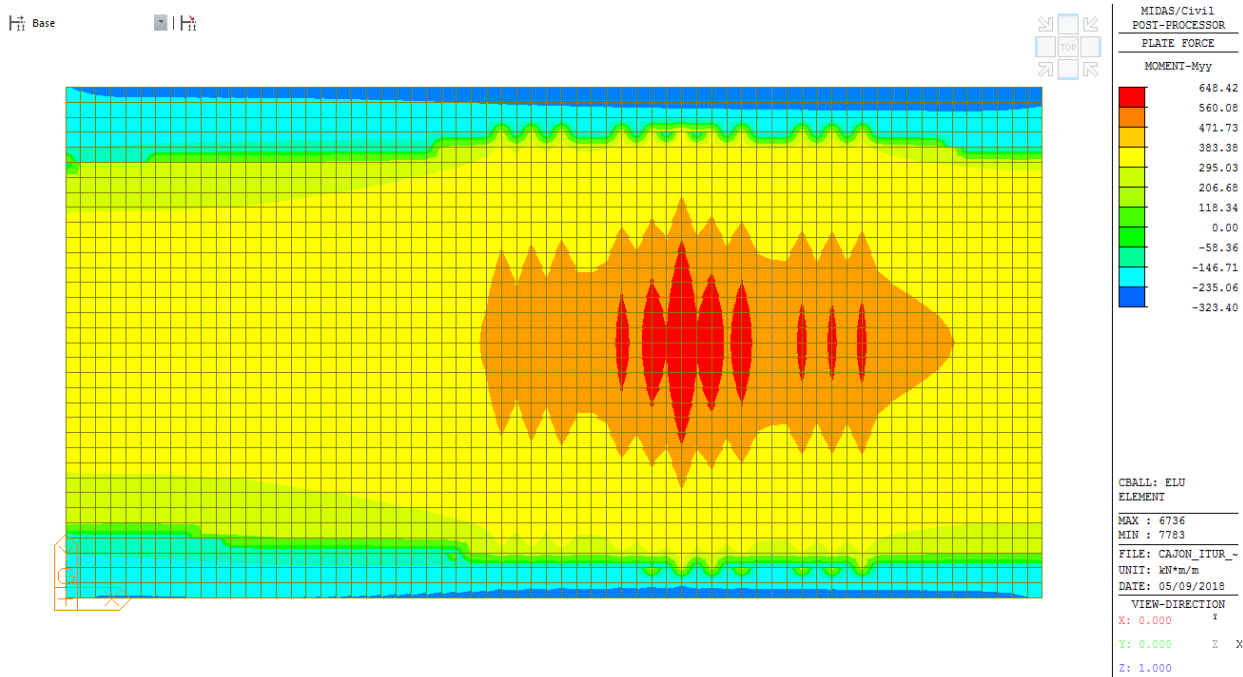
A continuación se muestran algunos resultados obtenidos con el modelo de cálculo descrito anteriormente:

Tensión máxima:

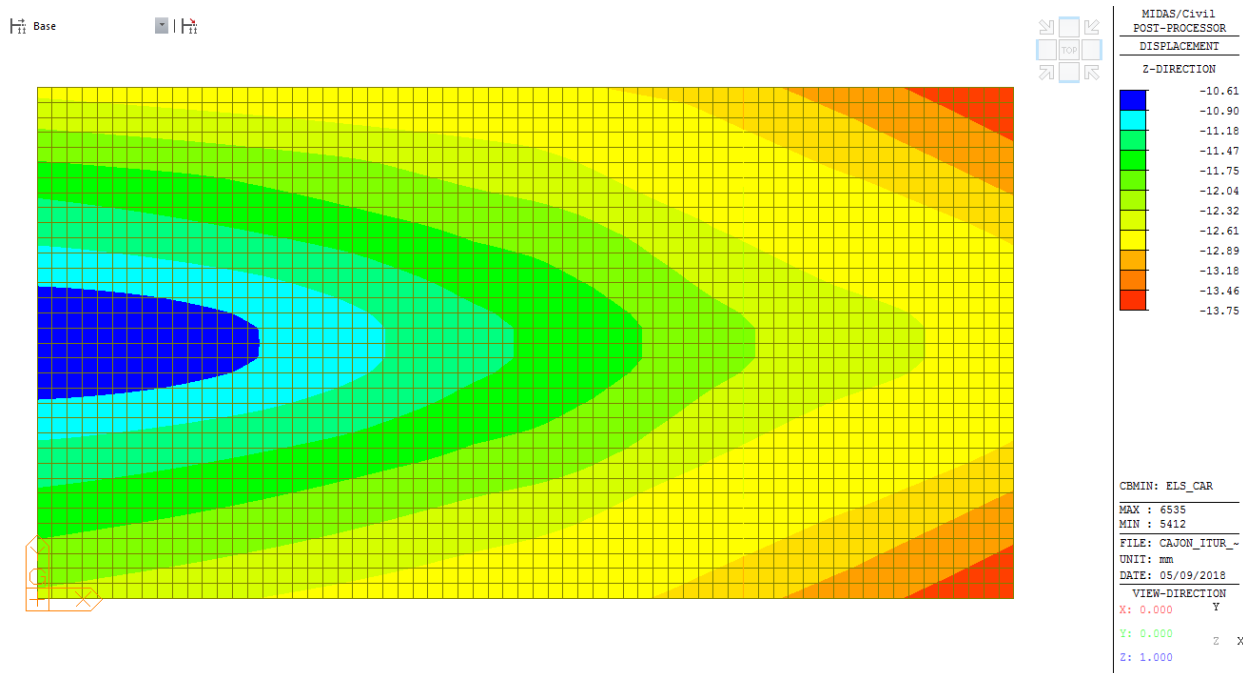


Como se puede observar, se está dentro de los límites admisibles.

Momento flector y (alrededor del eje X) en losa superior



Deformación de la losa superior



Como se puede observar, la deformación relativa entre dos puntos cualesquiera de la losa superior es mínima.

5.2.2. Pantalla de pilotes

A continuación del cajón Itur, el encauzamiento de la regata se efectuará a través de la construcción de una pantalla de pilotes de 65cm de diámetro con una separación entre ejes de 75cm. Se prevé que los pilotes se empotren dos metros en roca sana o meteorizada, según la profundidad a la que se encuentren éstas (en las secciones transversales se define la longitud de empotramiento). El fondo de la regata se protegerá con piedra machacada que, en el caso de las secciones en que la roca sana aparece más profunda, se colocará sobre una solera de hormigón armado de 40 cm de espesor que se anclará a los pilotes una vez que éstos se hayan ejecutado. Para evitar desplazamientos relativos y uniformizar el comportamiento estructural de la pantalla es preciso ejecutar una viga de coronación en la parte superior de los pilotes.

El tramo de muro pantalla que va desde el final del cajón Itur hasta la sección P18 (donde la roca aparece prácticamente en superficie) se deberá ejecutar empleando puntales provisionales que, una vez ejecutada la losa de fondo, podrán ser retirados.

Una vez realizada la excavación del vaso de la regata, para evitar el desprendimiento del terreno entre los pilotes, se ejecutará un paramento de hormigón de 12 cm de espesor con un mallazo que evite la fisuración del mismo y que se unirá a los pilotes por medio de armadura dispuesta con ese fin.

En la coronación de la pantalla de pilotes izquierda se prevé la ejecución de un vial sobre el relleno a ejecutar mientras que en el trasdós de la pantalla de pilotes de la derecha (a la cota del terreno actual) se prevé la ejecución de una escollera hormigonada sobre la que discurrirá un vial peatonal. Se ejecutará una escollera hormigonada para no traspasar los límites parcelarios existentes.

Se adjunta una imagen de la sección transversal de la pantalla de pilotes por P18:

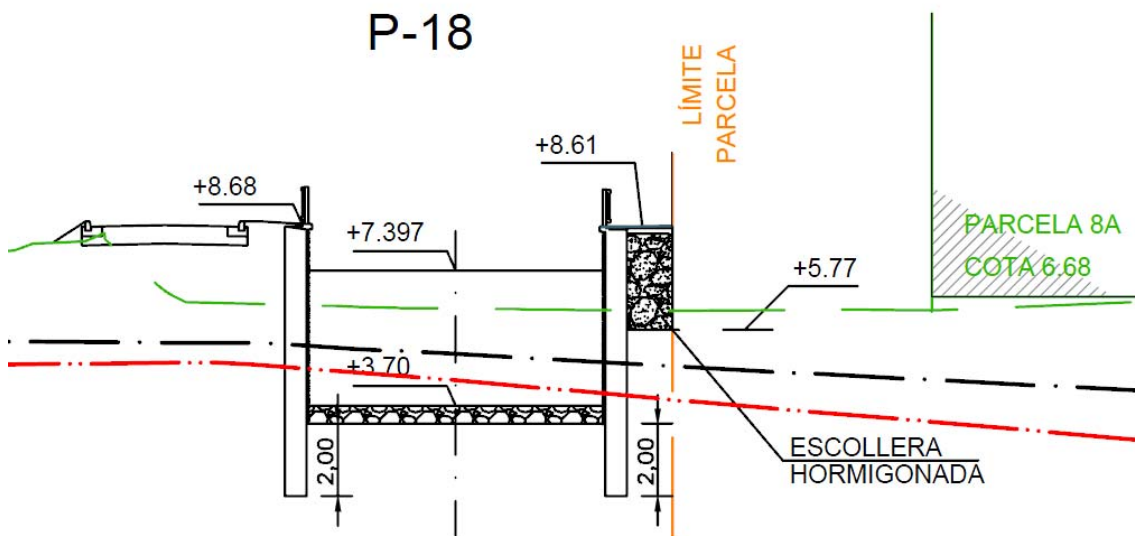


Fig.8 Sección transversal muro pantalla por P-18

- Modelo de cálculo

Para el dimensionamiento de este sostenimiento se ha empleado el programa CYPE 2018, concretamente el módulo correspondiente a muros pantalla.

Se han realizado distintos modelos que se considera cubren las distintas casuísticas de cálculo existentes. Se muestra a continuación una imagen de uno de los modelos realizados:

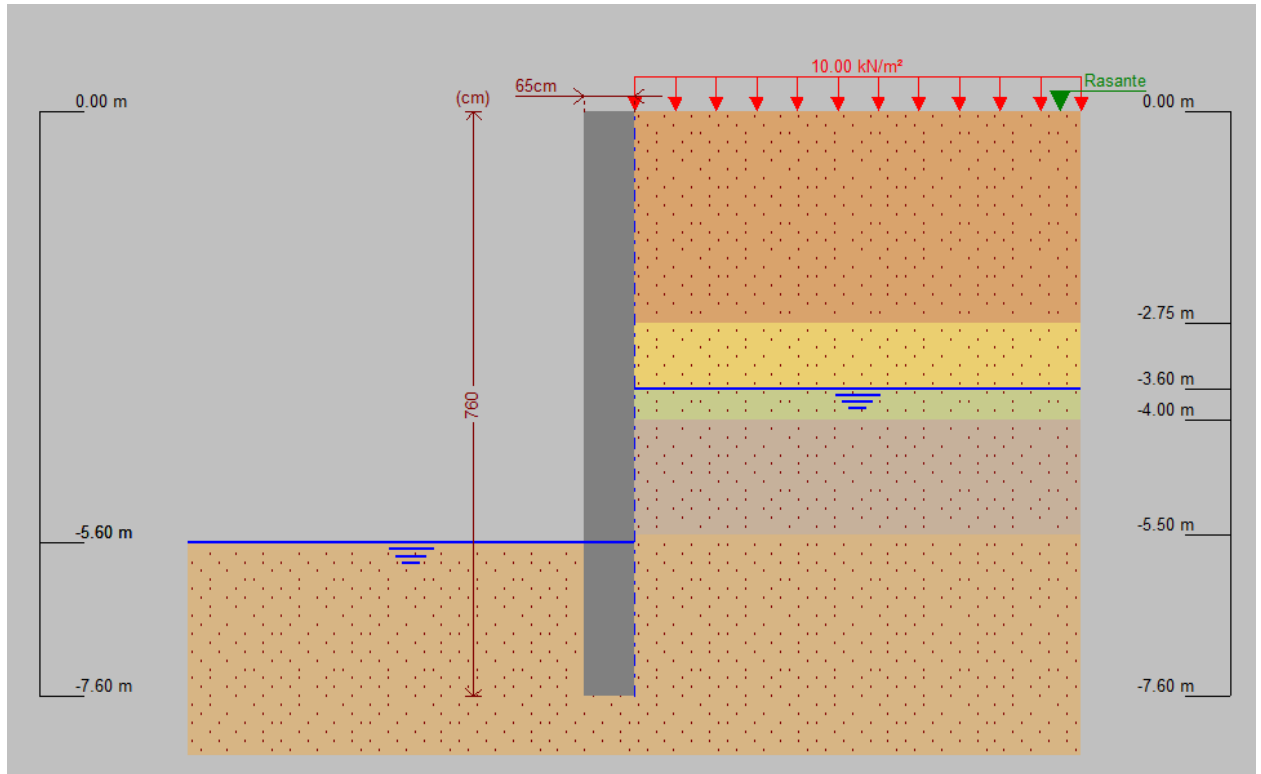


Fig.9 Modelo de muro pantalla en Cype

- Condicionantes geotécnicos

A partir de los datos obtenidos en el anejo geotécnico se han definido las características geotécnicas de los distintos estratos existentes. Estos estratos son relativamente variables por lo que ha sido necesario realizar el cálculo en distintas secciones. Por ejemplo, en la zona próxima al cajón Itur la roca se encuentra bastante profunda, mientras que a medida que se avanza aguas arriba la roca sana aparece incluso por encima del nivel de la regata.

Los pilotes de las secciones P16 y P17 se deberán empotrar al menos dos metros en la roca meteorizada (cuando la roca meteorizada aparezca al menos 4 metros por debajo del fondo de excavación de la regata). En aquellas zonas en que ésta aparezca más somera los pilotes se deberán empotrar al menos 2 metros en la roca sana por debajo del fondo de excavación de la regata. De este modo se consigue una respuesta del terreno adecuada para mantener la estabilidad de la pantalla y unas deformaciones admisibles.

Los rellenos a ejecutar para formar el vial de acceso a la vivienda situada a la izquierda de la regata (mirando hacia aguas arriba) serán del tipo granular seleccionado con un ángulo de rozamiento interno igual o superior a 30 grados.

- Criterios de diseño y definición de acciones

Además del empuje de los distintos estratos de terreno existentes se han de tener en cuenta las posibles sobrecargas en coronación de la pantalla. Se ha supuesto una sobrecarga de 1Tn/m² en el margen derecha del encauzamiento correspondiente a tráfico ligero. En el margen izquierda, se ha supuesto una sobrecarga de 500kg/m² correspondiente a una sobrecarga de peatones.

Por otra parte, a pesar de que el nivel de la regata en el trasdós e intradós de la pantalla va a tender a ser similar, puede existir un cierto desfase de la cota de agua que se debe tener en cuenta. Se ha supuesto un desfase de la cota de agua de 2m.

Las deformaciones obtenidas se consideran admisibles ya que el ligero asiento del terreno provocado por el desplome del muro se puede corregir en las tareas de relleno.

Se ha considerado la situación sísmica (que no resulta pésima), con una aceleración de cálculo de 0.05g.

El tipo de ambiente considerado a la hora de definir el material a emplear es IIIC ya que es posible que partes del pilote estén en contacto con agua salada o salobre que pudiera haber a cierta profundidad por debajo del fondo de excavación de la regata. De cara al cálculo de los pilotes se ha supuesto ambiente IIa, ya que la flexión del pilote ocurre en una zona que no estará en contacto con agua salada ni salobre y la limitación de abertura de fisura es menor.

- Análisis de resultados

Se adjuntan los resultados correspondientes al caso pésimo de entre todos los analizados.

Selección de listados

Pilotes_01

1.- NORMA Y MATERIALES

Norma de hormigón: EHE-08 (España)
Hormigón: HA-35, $Y_c=1.5$
Acero: B 500 S, $Y_s=1.15$
Clase de exposición: Clase IIa
Recubrimiento geométrico: 7.0 cm
Tamaño máximo del árido: 20 mm

2.- ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.60
Mayoración esfuerzos en servicio: 1.60
Con análisis sísmico
Aceleración de cálculo: 0.05 g
No se considera el sismo en las fases constructivas
Mayoración esfuerzos en hipótesis sísmica: 1.00
Sin considerar acciones térmicas en puntales

3.- DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m
Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m
Tipología: Pantalla de pilotes de hormigón

4.- DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro pantalla: 0.0 %
Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro pantalla: 0.0 %
Profundidad del nivel freático: 3.60 m

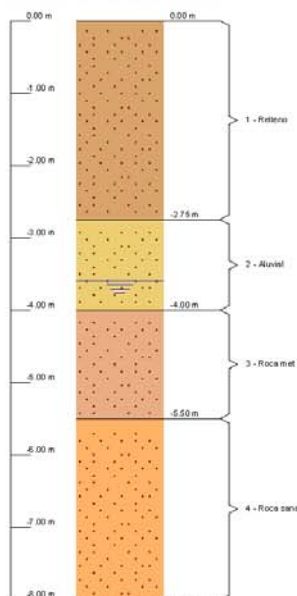
Selección de listados

Pilotes_01

ESTRATOS

Referencias	Cota superior	Descripción	Coefficientes de empuje
1 - Relleno	0.00 m	Densidad aparente: 20.0 kN/m ³ Densidad sumergida: 10.0 kN/m ³ Ángulo rozamiento interno: 30 grados Cohesión: 0.00 kN/m ² Módulo de balasto empuje activo: 27273.0 kN/m ³ Módulo de balasto empuje pasivo: 27273.0 kN/m ³ Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m ⁴	Activo trasdós: 0.33 Reposo trasdós: 0.50 Pasivo trasdós: 3.00 Activo intradós: 0.33 Reposo intradós: 0.50 Pasivo intradós: 3.00
2 - Aluvial	-2.75 m	Densidad aparente: 20.0 kN/m ³ Densidad sumergida: 10.0 kN/m ³ Ángulo rozamiento interno: 24 grados Cohesión: 5.00 kN/m ² Módulo de balasto empuje activo: 19000.0 kN/m ³ Módulo de balasto empuje pasivo: 19000.0 kN/m ³ Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m ⁴	Activo trasdós: 0.42 Reposo trasdós: 0.59 Pasivo trasdós: 2.37 Activo intradós: 0.42 Reposo intradós: 0.59 Pasivo intradós: 2.37
3 - Roca met	-4.00 m	Densidad aparente: 23.0 kN/m ³ Densidad sumergida: 10.0 kN/m ³ Ángulo rozamiento interno: 20 grados Cohesión: 10.00 kN/m ² Módulo de balasto empuje activo: 16119.0 kN/m ³ Módulo de balasto empuje pasivo: 16119.0 kN/m ³ Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m ⁴	Activo trasdós: 0.49 Reposo trasdós: 0.66 Pasivo trasdós: 2.04 Activo intradós: 0.49 Reposo intradós: 0.66 Pasivo intradós: 2.04
4 - Roca sana	-5.50 m	Densidad aparente: 26.0 kN/m ³ Densidad sumergida: 10.0 kN/m ³ Ángulo rozamiento interno: 30 grados Cohesión: 1000.00 kN/m ² Módulo de balasto empuje activo: 335353.0 kN/m ³ Módulo de balasto empuje pasivo: 335353.0 kN/m ³ Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m ⁴	Activo trasdós: 0.33 Reposo trasdós: 0.50 Pasivo trasdós: 3.00 Activo intradós: 0.33 Reposo intradós: 0.50 Pasivo intradós: 3.00

5.- SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO



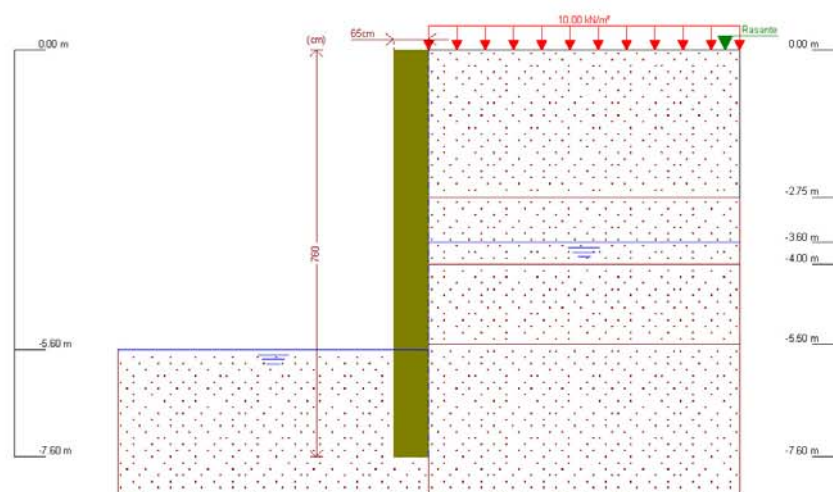
Selección de listados

Pilotes_01

6.- GEOMETRÍA

Altura total: 7.60 m
Diámetro: 65 cm
Separación entre ejes: 0.75 m

7.- ESQUEMA DE LAS FASES



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Final	Tipo de fase: Servicio Cota de excavación: -5.60 m Con nivel freático trasdós hasta la cota: -3.60 m Con nivel freático intradós hasta la cota: -5.60 m

8.- CARGAS

CARGAS EN EL TRASDÓS

Tipo	Cota	Datos	Fase inicial	Fase final
Uniforme	En superficie	Valor: 10 kN/m²	Final	Final

9.- RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

FASE 1: FINAL

BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m²)	Presión hidrostática (kN/m²)
0.00	-22.28	0.00	0.42	0.00	3.33	0.00
-0.76	-19.45	8.25	3.39	1.40	8.40	0.00
-1.52	-16.62	16.49	11.06	7.64	13.47	0.00
-2.28	-13.80	24.74	22.58	21.67	18.53	0.00
-3.04	-11.01	32.99	37.78	46.36	23.36	0.00
-3.80	-8.31	41.23	57.16	84.61	28.93	1.96
-4.56	-5.74	49.48	82.58	140.57	30.91	9.42

Selección de listados

Pilotes_01

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m²)	Presión hidrostática (kN/m²)
-5.32	-3.40	57.73	116.06	219.81	34.63	16.87
-6.08	-1.44	65.97	-34.39	277.76	-484.68	19.62
-6.84	0.06	74.22	-254.46	117.94	77.60	19.62
-7.60	1.37	82.47	-68.20	0.00	518.79	19.62
Máximos	1.37	82.47	134.01	286.47	518.79	19.62
	Cota: -7.60 m	Cota: -7.60 m	Cota: -5.83 m	Cota: -5.83 m	Cota: -7.60 m	Cota: -5.83 m
Mínimos	-22.28	0.00	-254.46	0.00	-684.35	0.00
	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: -6.84 m	Cota: -7.60 m	Cota: -5.83 m	Cota: 0.00 m

CON SISMO

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m²)	Presión hidrostática (kN/m²)
0.00	-25.03	0.00	0.47	0.00	3.73	0.00
-0.76	-21.85	8.25	3.80	1.56	9.41	0.00
-1.52	-18.67	16.49	12.39	8.56	15.09	0.00
-2.28	-15.50	24.74	25.30	24.28	20.76	0.00
-3.04	-12.37	32.99	42.38	51.95	26.39	0.00
-3.80	-9.33	41.23	64.24	94.93	32.57	2.35
-4.56	-6.44	49.48	93.02	157.92	35.06	10.26
-5.32	-3.82	57.73	130.47	247.08	39.18	18.00
-6.08	-1.61	65.97	-39.00	311.96	-543.35	21.39
-6.84	0.07	74.22	-285.56	132.42	86.86	21.84
-7.60	1.54	82.47	-76.60	-0.00	582.53	22.20
Máximos	1.54	82.47	150.16	321.84	582.53	22.20
	Cota: -7.60 m	Cota: -7.60 m	Cota: -5.83 m	Cota: -5.83 m	Cota: -7.60 m	Cota: -7.60 m
Mínimos	-25.03	0.00	-285.56	-0.00	-767.88	0.00
	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: -6.84 m	Cota: -7.60 m	Cota: -5.83 m	Cota: 0.00 m

10.- DESCRIPCIÓN DEL ARMADO

Armado vertical	Armado horizontal
13Ø25	Ø12c/15

Selección de listados

Pilotes_01

11.- COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA

Referencia: Pilotes_01		
Comprobación	Valores	Estado
Recubrimiento: <i>Norma EHE-08. Artículo 37.2.4.1</i>	Mínimo: 7 cm Calculado: 7 cm	Cumple
Separación libre mínima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i>	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 13.8 cm	Cumple
Separación máxima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.4.1</i>	Máximo: 24.3 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Diámetro mínimo armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i>	Mínimo: 0.4 cm Calculado: 1.2 cm	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.004 Calculado: 0.01923	Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.2 (Flexión simple o compuesta)</i>	Mínimo: 0.00165 Calculado: 0.01923	Cumple
Separación libre mínima armaduras verticales: <i>Código Técnico de la Edificación DB-SE-C, Cimientos. Artículo 5.4.1.1.1. c)</i>	Mínimo: 8 cm Calculado: 8.5 cm	Cumple
Separación máxima entre barras: - Armadura vertical: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 11 cm	Cumple
Comprobación a flexión compuesta: <i>Comprobación realizada por módulo de pantalla</i>		Cumple
Comprobación a cortante: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.2.2</i>	Máximo: 345.3 kN Calculado: 305.3 kN	Cumple
Comprobación de fisuración: <i>Norma EHE-08. Artículo 49.2.3</i>	Máximo: 0.3 mm Calculado: 0.256 mm	Cumple
Tamaño máximo de árido: <i>Código Técnico de la Edificación DB-SE-C, Cimientos. Artículo 5.4.1.1.1. c)</i>	Máximo: 21 mm Calculado: 20 mm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -5.83 m, Md: 343.77 kN·m, Nd: 0.00 kN, Vd: 160.82 kN, Tensión máxima del acero: 385.780 MPa - Sección crítica a cortante: Cota: -6.84 m - Sección con la máxima abertura de fisuras: Cota: -5.83 m, M: 214.85 kN·m, N: 0.00 kN - En la comprobación del tamaño máximo de árido se ha considerado que los pilotes son hormigonados 'in situ'. - Los esfuerzos son mayorados y por pilote (Diámetro: 65 cm)		

Selección de listados

Pilotes_01

12.- COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): Pilotes_01		
Comprobación	Valores	Estado
Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós: <i>Valor introducido por el usuario.</i>		
- Hipótesis básica. Final:	Mínimo: 1.67 Calculado: 11.262	Cumple
- Hipótesis sísmica. Final:	Mínimo: 1.25 Calculado: 9.899	Cumple
Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós: <i>Valor introducido por el usuario.</i>		
- Hipótesis básica. Final:	Mínimo: 1.67 Calculado: 16.264	Cumple
- Hipótesis sísmica. Final:	Mínimo: 1.25 Calculado: 14.299	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

5.2.3. Muro anclado

- Descripción de la solución adoptada

A continuación de la pantalla de pilotes se prevé la ejecución de un muro de bataches con anclajes en la margen derecha del encauzamiento. En el lado izquierdo, en cambio, se ejecutará una escollera hormigonada en cuya coronación se prevé la ejecución de un vial peatonal. Se ejecutará una escollera hormigonada para no traspasar los límites parcelarios existentes.

El batache tipo se diseña con unas dimensiones de 2.50m x 2.50 m con un anclaje centrado por batache (del tipo activo tesado a 38Tn). La ejecución del muro anclado se realizará mediante bataches alternados (uno de cada tres). El espesor del muro será de 40cm.

Existe una zona de transición en la zona final del muro anclado en la que se pasará de un sostenimiento vertical a un talud 1:1 que se ejecutará mediante talud anclado con gunita y mallazo de reparto de modo que el cambio de verticalidad se realice de manera adecuada.

Se muestra el alzado general del muro, junto con una sección transversal por P-21:

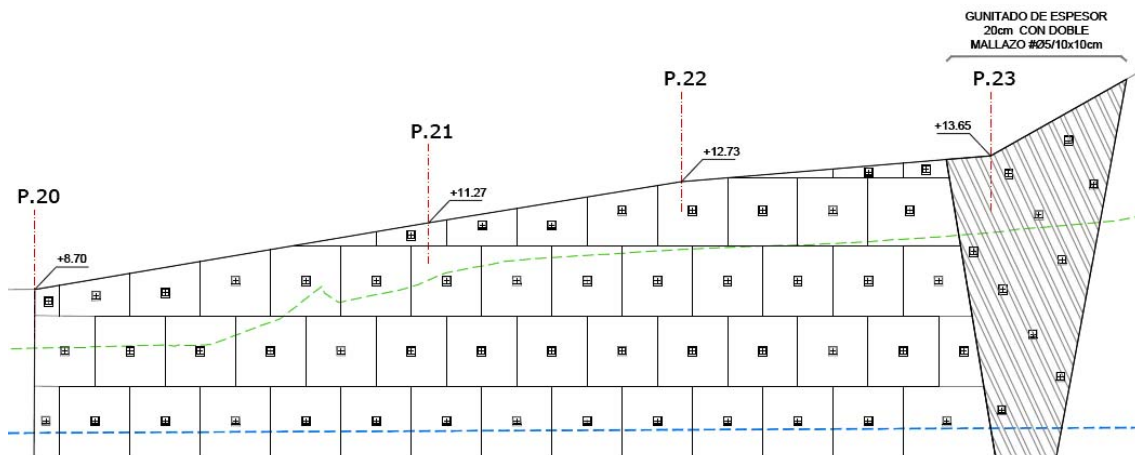


Fig. 10 Alzado del muro anclado

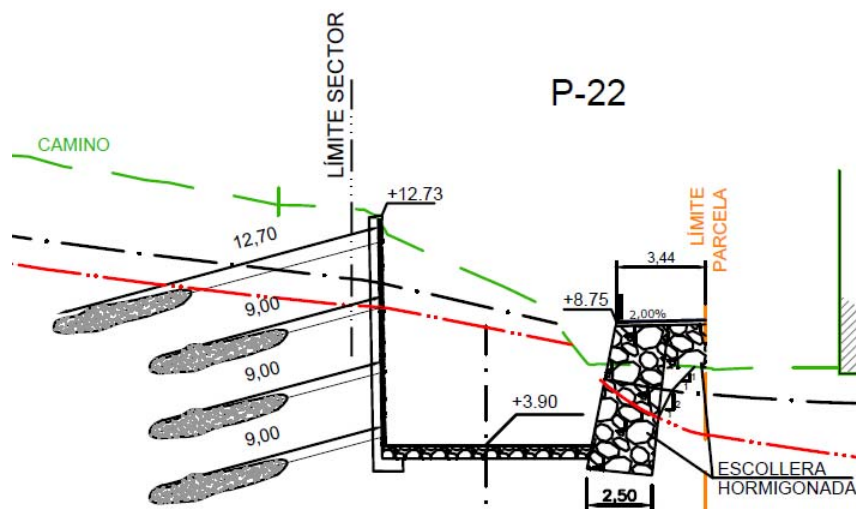


Fig. 11 Sección transversal del muro anclado por P-22

- Modelo de cálculo

Para la verificación estructural del muro anclado se ha realizado un cálculo manual de esfuerzos suponiendo una viga continua con separación entre apoyos igual a la separación entre anclajes. Además, se ha supuesto también el caso en que el batache es una viga apoyada en su centro con dos vuelos de la mitad de la longitud del batache.

- Condicionantes geotécnicos

En el anejo geotécnico se define el cálculo de los empujes sobre el muro anclado a partir del cual se han calculado los anclajes. Se ha tomado un valor de 6Tn/m² que, teniendo en cuenta la superficie tributaria del batache y la inclinación del mismo dan una carga aproximada de 38tn.

Aquellos anclajes que tienen un área distinta de la tipo (2.5m x 2.5m) se deberán tesar de forma proporcional a su superficie.

- Análisis de resultados

Además del cálculo de la armadura necesaria para resistir las acciones de cálculo es preciso verificar el punzonamiento del muro.

Se muestran a continuación los esfuerzos pésimos obtenidos:

$$MELU^- = 90\text{kN/m}\cdot\text{m}$$

$$MELU^+ = 60\text{kN/m}\cdot\text{m}$$

Para tener en cuenta una distribución más realista de esfuerzos se considera que la armadura deberá resistir un incremento de un 40% (como consecuencia del reparto de esfuerzos en el ancho del batache).

Se ha comprobado que la armadura dispuesta es superior a la cuantía mínima necesaria y que la sección no fisura en situación de servicio.

Se muestra a continuación la verificación de armadura así como la verificación frente a punzonamiento.

Dimensionamiento de secciones a flexión simple

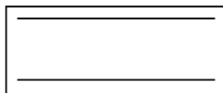
1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón : HA-30
Tipo de acero : B-500-S
fck [MPa] = 30.00
fyk [MPa] = 500.00
 γ_c = 1.50
 γ_s = 1.15

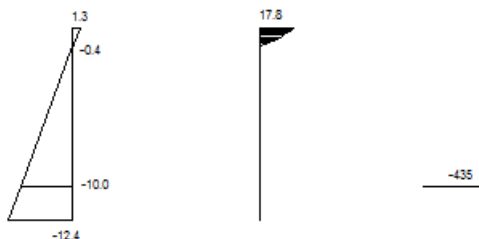
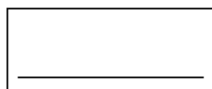
- Sección

Sección : MURO
b [m] = 1.00
h [m] = 0.40
ri [m] = 0.070
rs [m] = 0.050



2 Dimensionamiento

Md [kN·m] = 126



Plano de deformación de agotamiento

x [m] = 0.039
1/r [1/m] · 1.E-3 = 34.2
 ϵ_s · 1.E-3 = 1.3
 ϵ_i · 1.E-3 = -12.4

Deformación y tensión de armaduras

Profundidad [m]	Armadura [cm²]	Deformación · 1.E-3	Tensión [MPa]
0.050	0.0	-0.4	0.0
0.330	9.2	-10.0	434.8

At_est [cm²] = 9.2

Cálculo a punzonamiento

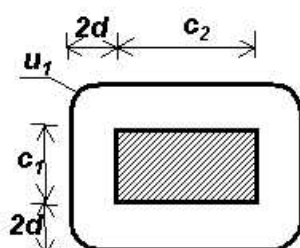
1 Datos

- Materiales losa

Tipo de hormigón : HA-30
 Tipo de acero : B-500-S
 f_{ck} [MPa] = 30.00
 f_{yk} [MPa] = 500.00
 $\gamma_c = 1.50$
 $\gamma_s = 1.15$

- Datos geométricos

Tipo de pilar : Pilar rectangular interior
 c_1 [m] = 0.30
 c_2 [m] = 0.30
 Canto útil de la losa d [m] = 0.32



- Perímetros de cálculo

d [m] = 0.32
 Perímetro de comprobación u_0 [m] = 1.20
 Perímetro crítico u_1 [m] = 5.22
 Perímetro exterior a la armadura de punzonamiento $u_{n,ef}$ [m] = 8.44
 $\beta = 1.15$

- Control del hormigón

Control normal

2 Comprobación

Angulo de las bielas α [°] = 90.0
 ϕ armadura de punzonamiento [mm] = 12
 σ'_{cd} [MPa] = 0.00
 Distancia entre perímetros o con cara del soporte = 100
 Número de ramas de armadura de punzonamiento interiores a u_1 : 16
 Area total de armadura de punzonamiento A_{sw} [cm²] = 18.1
 Esfuerzo máximo para el que no se requiere armadura [kN] = 953.1

La carga del anclaje mayorada es de 610kN, inferior al esfuerzo máximo para el que no se requiere armadura.

5.2.4. Muro de micropilotes

- Descripción de la solución adoptada

A continuación del talud estable, en la margen derecha del encauzamiento, se prevé la ejecución de un muro de micropilotes anclado que sostenga el coluvial.

Los micropilotes tendrán un diámetro de 220mm y se colocarán cada 60cm. Se prevé la ejecución de una viga superior de coronación y de vigas horizontales de reparto a la cota en la que se realicen los anclajes (como norma general el primero a un metro de la coronación y el resto cada dos metros). Estos anclajes, del tipo activo tesados a 35 Tn, se colocarán cada 2.4 metros en dirección horizontal. Los micropilotes se empotrarán en roca 3m desde la cota de fondo de excavación del muro de escollera que se ejecutará en el intradós de los micropilotes por cuestiones estéticas.

La sección transversal por P-28 se muestra a continuación, junto con el alzado del muro:

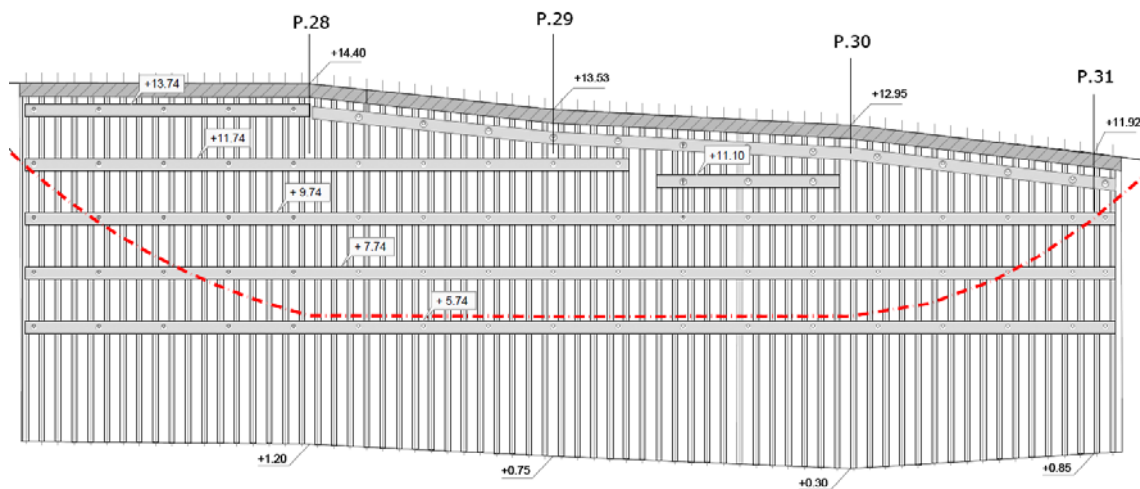


Fig. 12 Alzado del muro de micropilotes

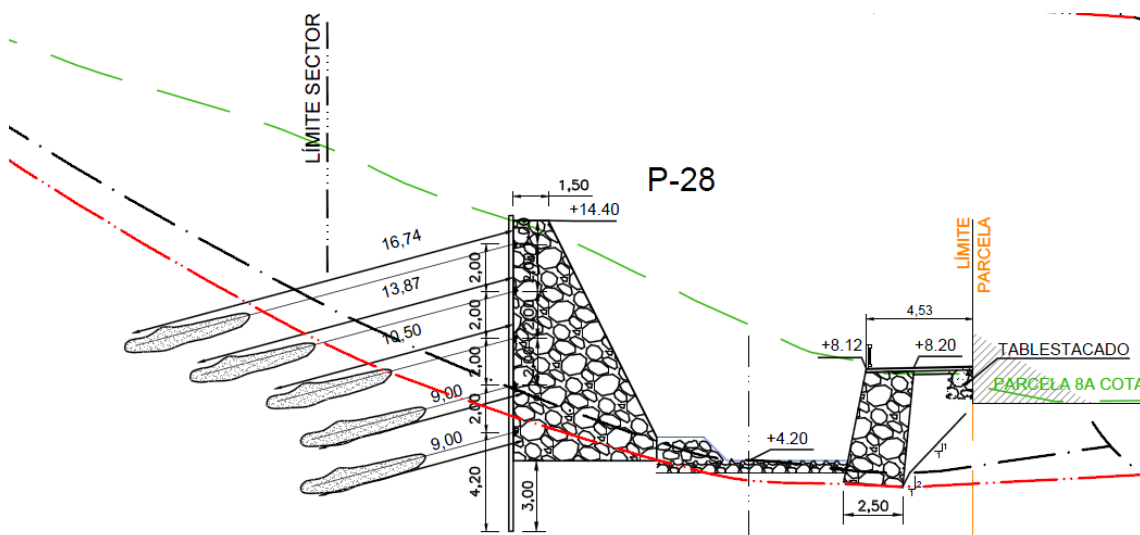


Fig. 13 Sección transversal del muro de micropilotes por P-28

- Modelo de cálculo

Se realizan dos modelos con el programa midas civil. En el primero de ellos se calcula la situación en que se introduce la carga de tesado en las vigas de reparto y su efecto sobre los micropilotes. Para ello se calcula el módulo de balasto horizontal del terreno que hay detrás de la pantalla con la fórmula de chadeisson. Se estima un valor de 2000Tn/m3.

Por otro lado, se realiza un modelo con el programa Midas civil en el que se supone que el comportamiento estructural del micropilote es el de una viga continua empotrada en su parte inferior y apoyada sobre muelles de constante elástica $E \cdot A/L$ (anclajes) sometido al empuje del terreno dado por el anejo geotécnico.

Se supone el empotramiento del micropilote en roca sana. Se ha tomado el empotramiento a una distancia de 1.5 m desde la cota en que comienza el empotramiento.

Las rigideces consideradas en esta sección de cálculo son:

	Tipo	Seccion	Módulo elasticidad	Longitud libre	Rigidez axil	Rigidez axil en modelo
		A	E	L	R	
		(mm2)	(kN/mm2)	(m)	(kN/m)	(kN/m)
Rigidez anclaje 1	Diwidag Ø40mm	1256	210	11,8	22353	9314
Rigidez anclaje 2	Diwidag Ø40mm	1256	210	9	29307	12211
Rigidez anclaje 3	Diwidag Ø40mm	1256	210	5,5	47956	19982
Rigidez anclaje 4	Diwidag Ø40mm	1256	210	4	65940	27475

Se muestra imagen de los dos modelos realizados en la sección de muro en que hay 4 anclajes por micropilote:

Modelo 1:

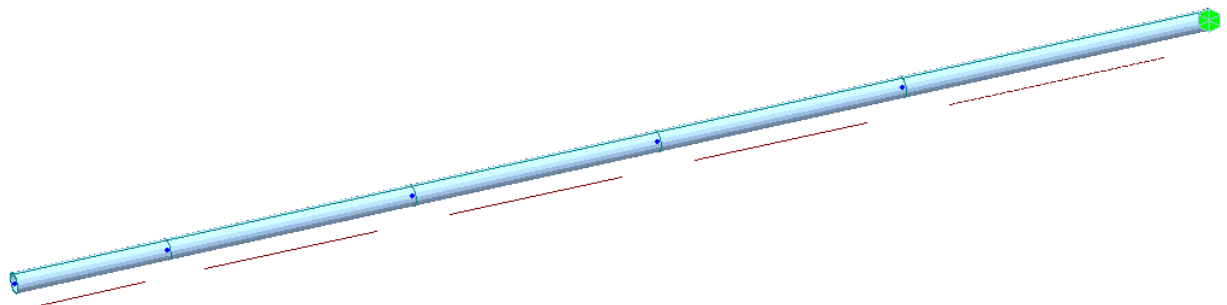


Fig.14 Modelo 1

Modelo 2:

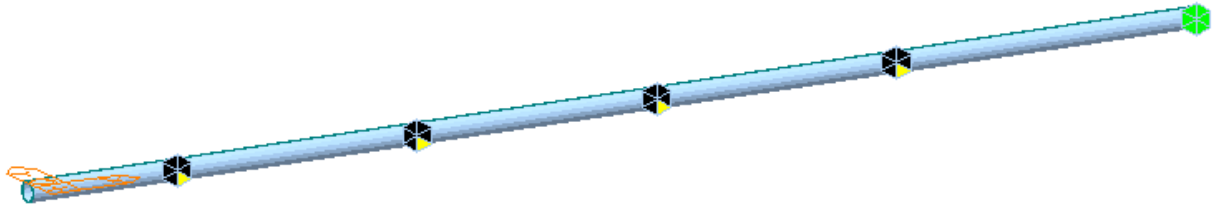


Fig.15 Modelo 2

Las vigas de reparto se han calculado como vigas continuas con separaciones entre apoyos iguales a la separación entre anclajes. A partir de esos esfuerzos de flexión y cortante se ha dimensionado la armadura necesaria.

- Condicionantes geotécnicos

El empuje a considerar sobre los micropilotes ha sido calculado en el anejo geológico-geotécnico. Se ha tomado un valor de 7tn/m^2 que, teniendo en cuenta la superficie contributiva de los anclajes ($2,4\text{m} \times 2\text{m}$), suponen una carga activa en cada uno de ellos de 35tn .

Los micropilotes se deben empotrar al menos 3 metros en roca sana por debajo de la cota de fondo de excavación de la regata para asegurar el correcto comportamiento de la pantalla.

- Criterios de diseño y definición de acciones

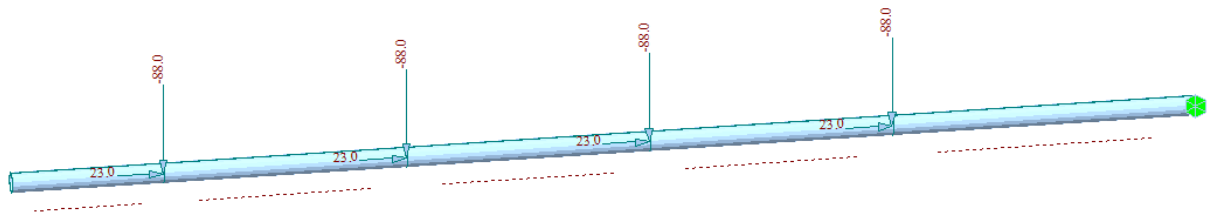
Se ha diseñado la pantalla con separaciones entre ejes de micropilotes de 60cm y entre anclajes cada 2.40 metros que se consideran adecuadas. Para uniformizar el comportamiento de la estructura se ejecutará, también, una viga de coronación.

Se ha tenido en cuenta la reducción del espesor del tubo del micropilote como consecuencia de la corrosión durante su vida útil.

El límite elástico del micropilote es de 550MPa que una vez reducido por el coeficiente de minoración del material es de 500MPa .

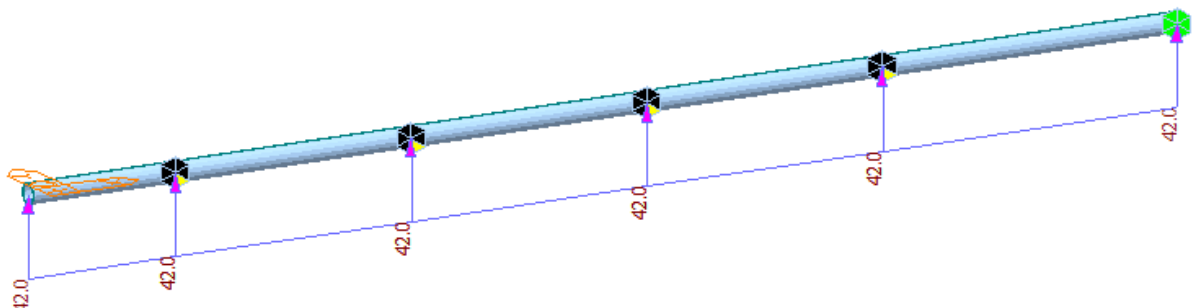
Las acciones consideradas en el modelo 1 son:

Carga de tesado del anclaje (componente vertical y horizontal):



Las acciones consideradas en el modelo 2 son:

Empuje del terreno: $70\text{kN/m}^2 \times 0.6\text{m} = 42\text{kN/m}$ micropilote

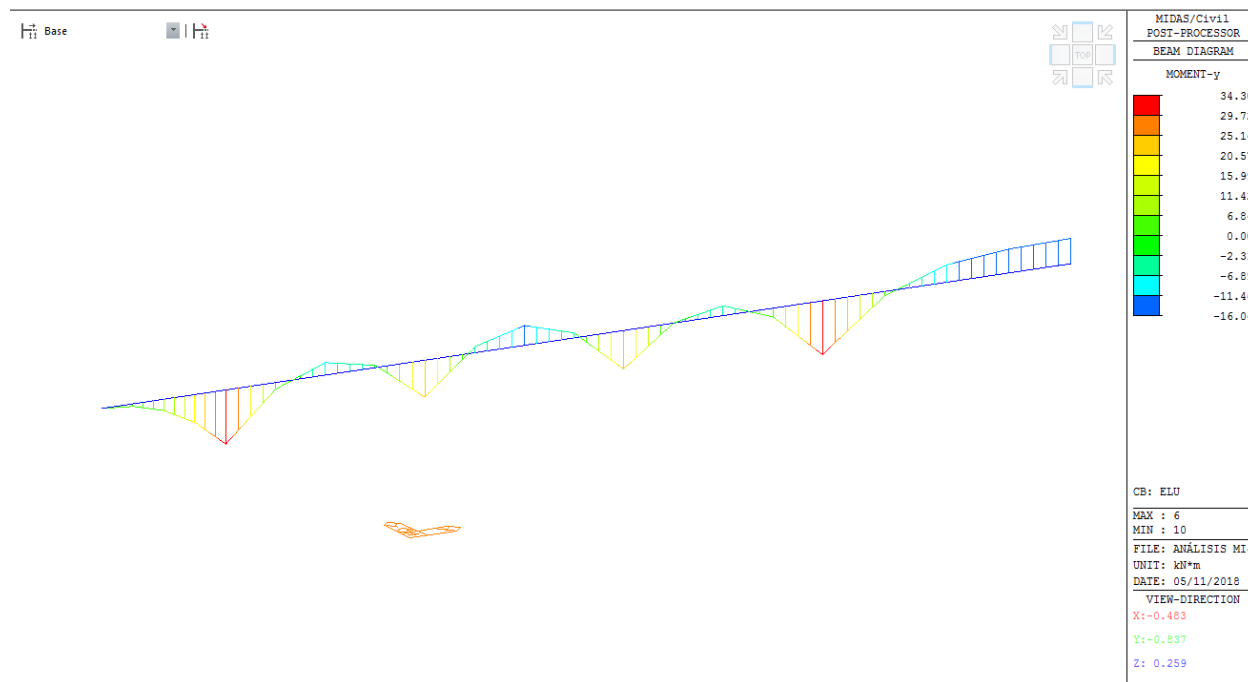


- Análisis de resultados

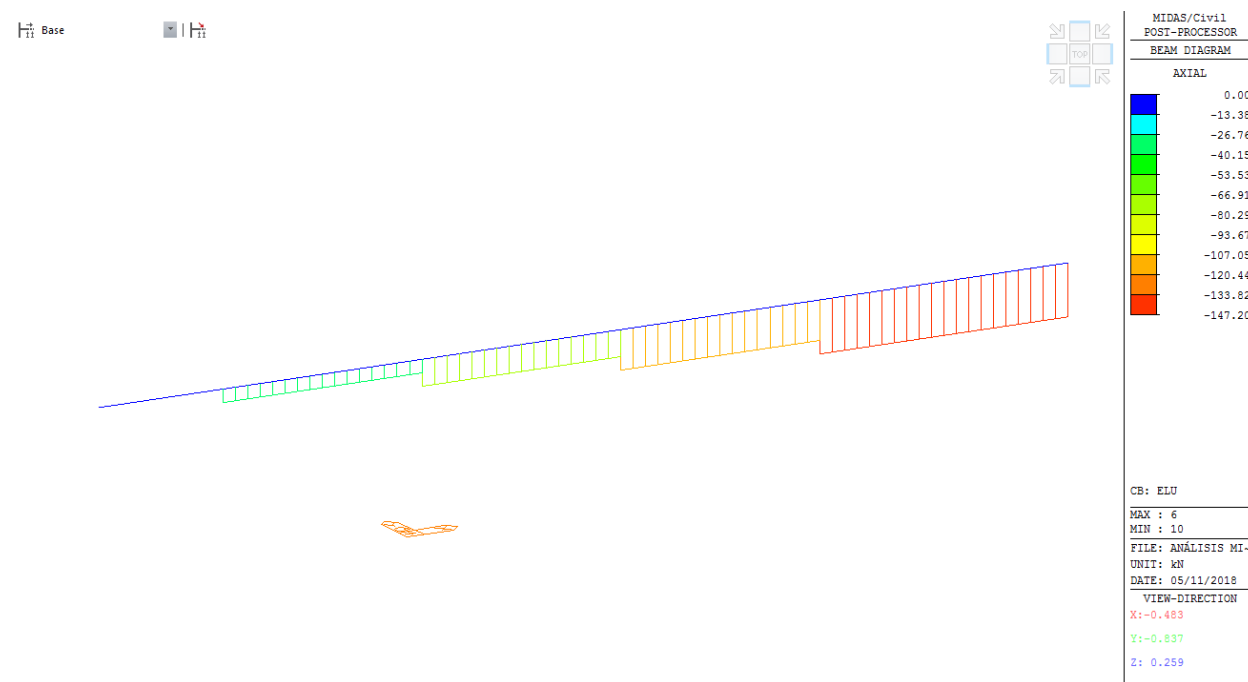
Se muestran, a continuación, los resultados obtenidos para ambos modelos:

Modelo 1:

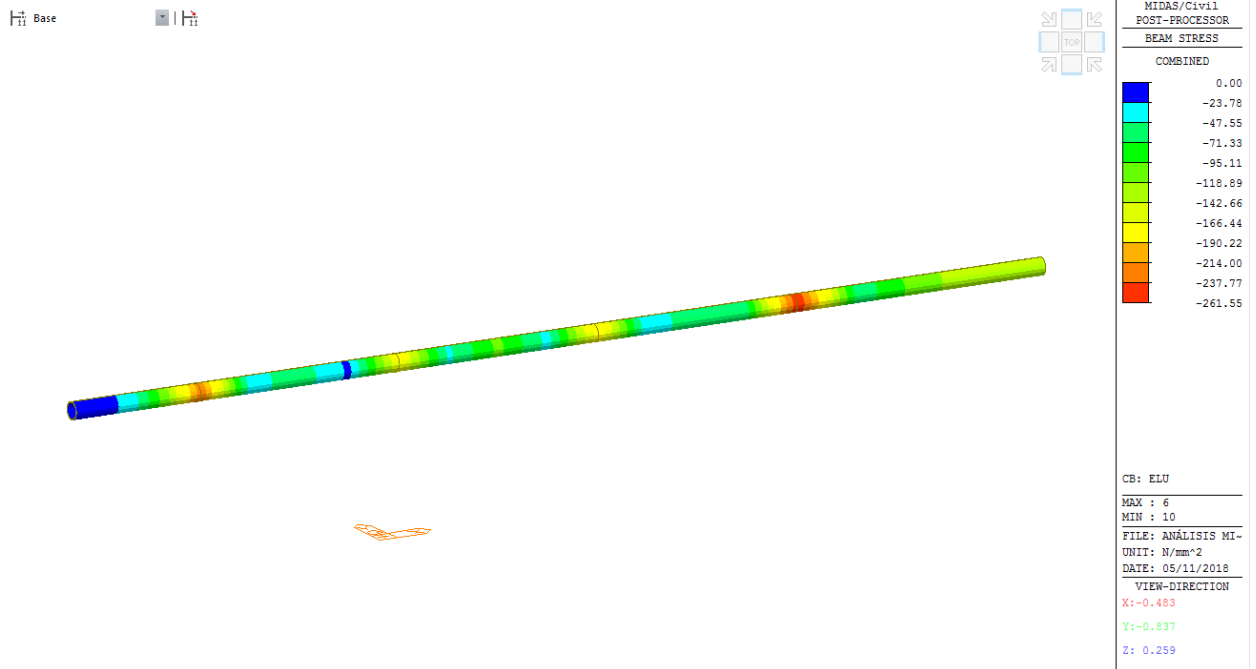
Ley de momentos flectores (ELU)



Ley de axiles (ELU)

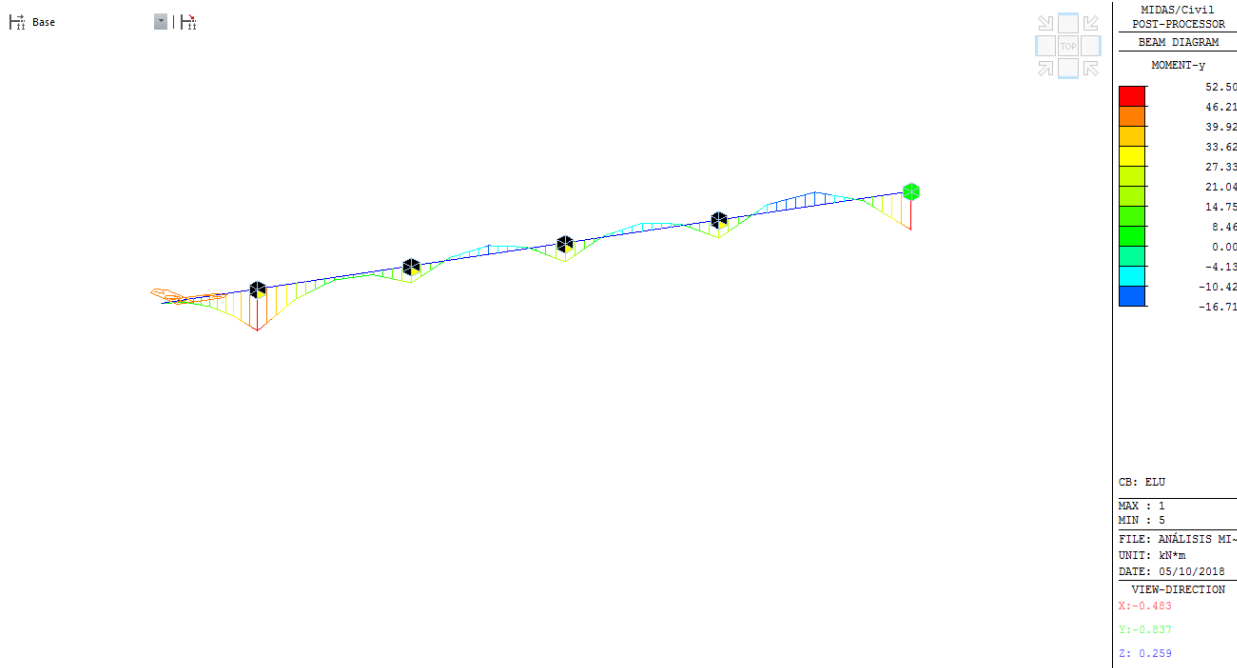


Ley de tensiones (ELU)

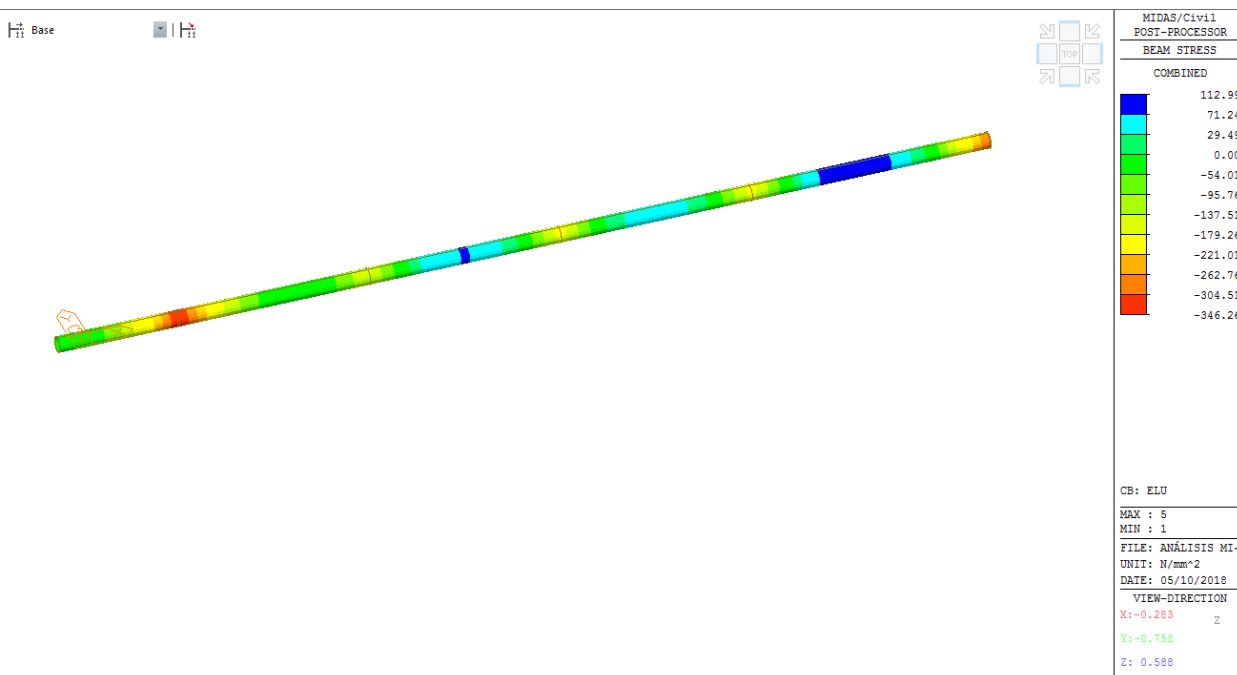


Modelo 2

Ley de momentos flectores (ELU):



Ley de tensiones (ELU)



La tasa de agotamiento es de 0.7 la cual se considera adecuada si se tienen en cuenta las posibles incertidumbres que rodean a una estructura de esta naturaleza.

5.2.5. Puente Urraga

- Descripción de la solución adoptada

Para el cruce de la regata con el vial H se prevé la ejecución de un puente de vigas prefabricadas de 22.0 metros de longitud y una luz entre apoyos de 21.50 m. La sección transversal del tablero, de 11.30 m de anchura está formada por dos carriles de 3.5m de ancho cada uno y sendas aceras de 2.15 m de ancho. El tablero estará formado por 8 vigas pretensadas doble T de ala superior ancha (de prefabricados Rubiera o similar) que permite por medio del empleo de placas de encofrado hormigonar completamente la losa superior. El canto total del tablero es de 95cm (70cm las vigas y 25 cm la losa superior). Las vigas prefabricadas apoyarán sobre neoprenos colocados a distinta cota en los estribos, de modo que el bombeo transversal se consigue sin necesidad de recrecer el firme, con el consiguiente ahorro que ello conlleva. El puente tiene una pendiente longitudinal de un 1% aproximadamente.

Los estribos sobre los que se colocarán los neoprenos y que servirán para contener las tierras se cimentarán sobre pilotes debido a la profundidad a la que se encuentra el sustrato rocoso. Estos pilotes se empotrarán, al menos, dos metros en roca sana. En total se ejecutarán 21 pilotes por encepado de 60 cm de diámetro en tres filas. Esta distribución de pilotes se considera adecuada dadas las limitaciones del terreno en cuanto a su resistencia horizontal.

Se adjunta, a continuación, la planta y una sección longitudinal del Puente Urraga:

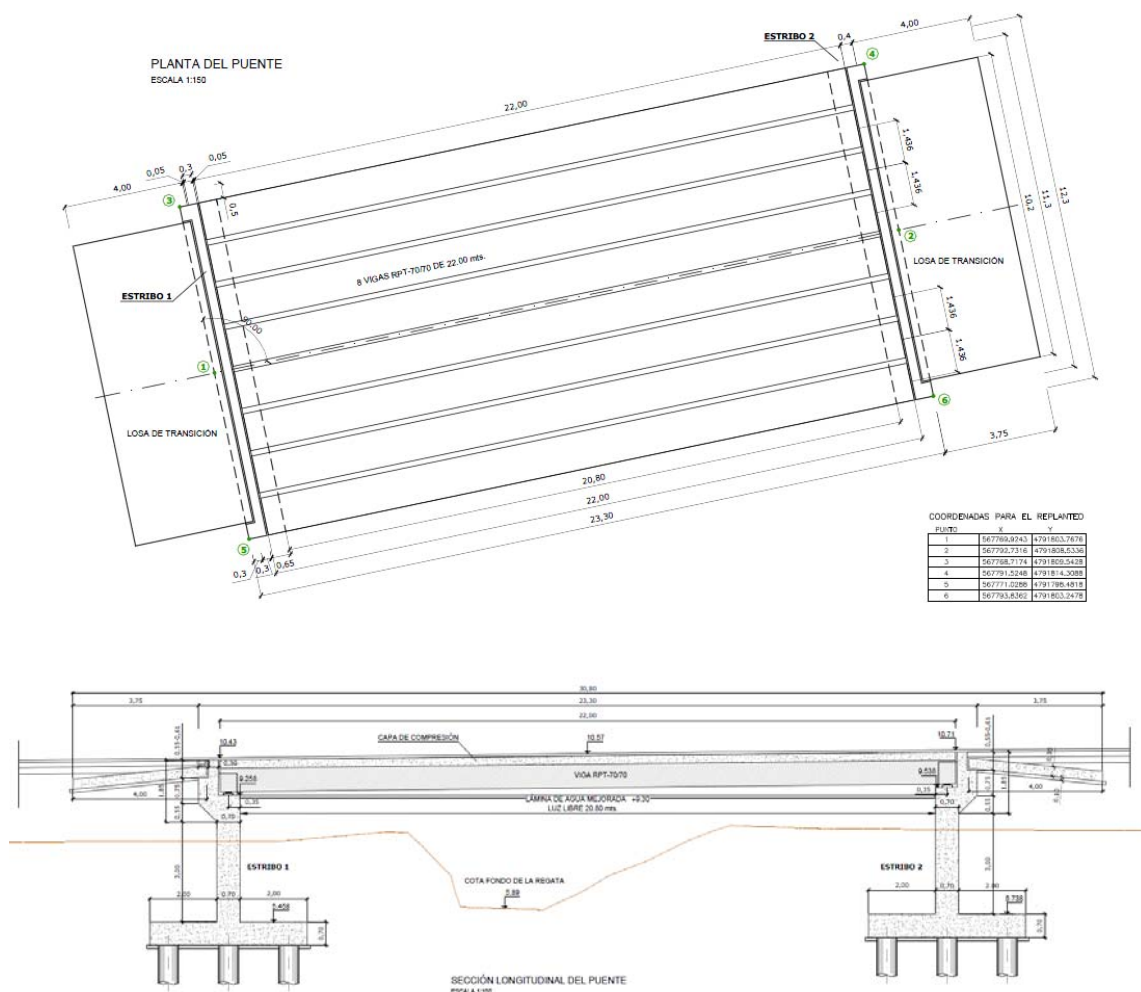


Fig.16 Planta y sección longitudinal del Puente Urraga

- Modelo de cálculo

El cálculo del tablero ha sido realizado por la empresa de prefabricados de hormigón “Prefabricados Rubiera” la cual nos ha facilitado el despiece de vigas y los neoprenos a utilizar.

A partir de las reacciones verticales y horizontales transmitidas a los estribos desde el tablero, junto con las propias acciones directas sobre los estribos (empujes del terreno, sobrecarga en el trasdós, etc.) se ha realizado el cálculo de los estribos y de su cimentación.

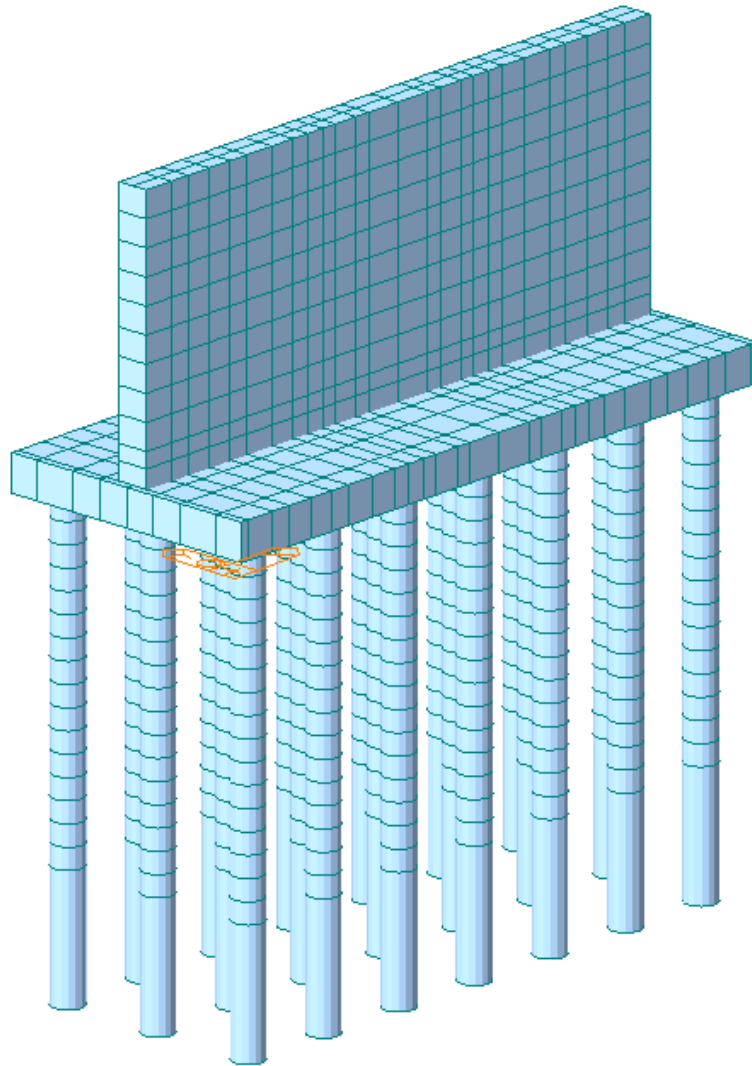


Fig. 17 Modelo de estribo con pilotes

Con las reacciones obtenidas en cabeza de pilote se ha comprobado estructuralmente éste mediante el cálculo elástico que define la Guía de Cimentaciones en obras de Carretera, en adelante GCOC.

Para comprobar las deformaciones de los estribos se ha modelado el terreno alrededor de los pilotes con una rigidez de acuerdo a su balasto horizontal.

El valor del balasto horizontal a utilizar se ha hallado a través de la GCOC:

Para suelos arcillosos, puede suponerse el siguiente valor:

$$K_h = 75 \cdot s_u \cdot \Delta L$$

Donde:

K_h = Rigidez horizontal del pilote aislado para suelos arcillosos.

s_u = Resistencia al corte sin drenaje del terreno (valor medio en la longitud ΔL , considerada).

ΔL = Longitud del tramo de pilote.

Suponiendo una resistencia al corte sin drenaje de 0.25 kg/cm² y teniendo en cuenta el diámetro del pilote, tendremos un módulo de balasto horizontal en kN/m³ de valor: 3125kN/m³.

- Condicionantes geotécnicos

A partir de las recomendaciones recogidas en el anejo geotécnico se proyecta la cimentación en base a encepados con pilotes. La roca sana se encuentra a unos 7-8 metros de profundidad desde la cota inferior del encepado. Los pilotes deberán empotrarse en roca sana al menos 2 metros.

El terreno con el que se rellenará el trasdós del estribo será del tipo granular seleccionado y tendrá un ángulo de rozamiento interno de 30°. Se supone misma cota de nivel freático a ambos lados del estribo.

La resistencia estimada por punta (aplicado un FS=3) es de 19.2kg/cm², mientras que la resistencia por fuste minorada (FS=3) es de 0.96kg/cm². Teniendo en cuenta que el empotramiento mínimo es de 2m, la carga máxima de hundimiento es de 90Tn por pilote.

Para evitar la existencia de grandes asientos como consecuencia de la ejecución de la explanada del vial H y su posible afección a los pilotes induciéndoles esfuerzos horizontales y verticales es necesario realizar una precarga del terreno de acuerdo con lo que se especifica en el anejo geotécnico.

- Criterios de diseño y definición de acciones

Se han tenido en cuenta las siguientes acciones:

1. Reacciones máximas y mínimas bajo las vigas del tablero (facilitadas por Prefabricados Rubiera):

REACCIONES VERTICALES

Viga TRP-	Apoyo	PP	PL	SE+	SE-	TRA+	TRA-	TRP+

1 inicial		8.182	9.232	9.357	9.160	3.530	-0.354	10.071
-3.060								
1 final		8.182	9.232	9.357	9.160	3.530	-0.354	10.071
-3.060								
2 inicial		8.182	9.871	6.565	5.911	1.467	-0.075	26.292
0.000								
2 final		8.182	9.871	6.565	5.911	1.467	-0.075	26.292
0.000								
3 inicial		8.182	9.871	4.458	3.632	0.872	-0.043	34.813
0.000								
3 final		8.182	9.871	4.458	3.632	0.872	-0.043	34.813
0.000								
4 inicial		8.182	9.871	4.178	3.260	0.503	-0.006	39.948
0.000								
4 final		8.182	9.871	4.178	3.260	0.503	-0.006	39.948
0.000								
5 inicial		8.182	9.871	4.178	3.260	0.503	-0.006	39.948
0.000								
5 final		8.182	9.871	4.178	3.260	0.503	-0.006	39.948
0.000								
6 inicial		8.182	9.871	4.458	3.632	0.872	-0.043	34.813
0.000								
6 final		8.182	9.871	4.458	3.632	0.872	-0.043	34.813
0.000								
7 inicial		8.182	9.871	6.565	5.911	1.467	-0.075	26.292
0.000								
7 final		8.182	9.871	6.565	5.911	1.467	-0.075	26.292
0.000								
8 inicial		8.182	9.232	9.357	9.160	3.530	-0.354	10.071
-3.060								
8 final		8.182	9.232	9.357	9.160	3.530	-0.354	10.071
-3.060								

Viga TOT-	Apoyo	GT+	GT-	DA+	DA-	DP+	DP-	TOT+

1 inicial		0.010	-0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	40.382
23.141								
1 final		0.010	-0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	40.382
23.141								
2 inicial		0.021	-0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	52.398
23.877								
2 final		0.021	-0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	52.398
23.877								
3 inicial		0.001	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	58.197
21.640								
3 final		0.001	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	58.197
21.640								
4 inicial		0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	62.682
21.305								
4 final		0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	62.682
21.305								
5 inicial		0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	62.682
21.305								
5 final		0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	62.682
21.305								
6 inicial		0.001	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	58.197
21.640								
6 final		0.001	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	58.197
21.640								
7 inicial		0.021	-0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	52.398
23.877								
7 final		0.021	-0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	52.398
23.877								
8 inicial		0.010	-0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	40.382
23.141								
8 final		0.010	-0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	40.382
23.141								

TOT+ = PP + PL + SE+ + TRA+ + TRP+ + GT+ + DA+ + DP+
 TOT- = PP + PL + SE- + TRA- + TRP- + GT- + DA- + DP-

VALORES EN TONELADAS, SIN MAYORAR

SIENDO:

PP: PESO PROPIO DE VIGA
PL: PESO PROPIO DE LOSA DE COMPRESION
SE+: SUPERESTRUCTURA (máximo)
SE-: SUPERESTRUCTURA (mínimo)
TRA+: TRAFICO EN ACERAS (máximo)
TRA-: TRAFICO EN ACERAS (mínimo)
TRP+: TRAFICO EN PLATAFORMA (máximo)
TRP-: TRAFICO EN PLATAFORMA (mínimo)
GT+: GRADIENTE TERMICO (máximo)
GT-: GRADIENTE TERMICO (mínimo)
DA+: DESCENSO DE APOYOS INSTANTANEO (máximo)
DA-: DESCENSO DE APOYOS INSTANTANEO (mínimo)
DP+: DESCENSO DE APOYOS A TIEMPO INFINITO (máximo)
DP-: DESCENSO DE APOYOS A TIEMPO INFINITO (mínimo)
TOT+: SUMA DE ESFUERZOS VERTICALES (máximo)
TOT-: SUMA DE ESFUERZOS VERTICALES (mínimo)

REACCIONES HORIZONTALES

Esfuerzo horizontal combinado de las hipótesis de temperatura, frenado, retracción y fluencia: 4.488 tn./apoyo (sin mayorar).

2. Empuje del terreno en el trasdós de los estribos. Se ha supuesto empuje al reposo ya que la rigidez del alzado da lugar a deformaciones que no son demasiado grandes. Además, es común que la compactación del trasdós de los estribos de lugar a empujes superiores al activo.

3. Empuje debido a la sobrecarga de tráfico pesado en el trasdós de estribos ($2T_n/m^2$)

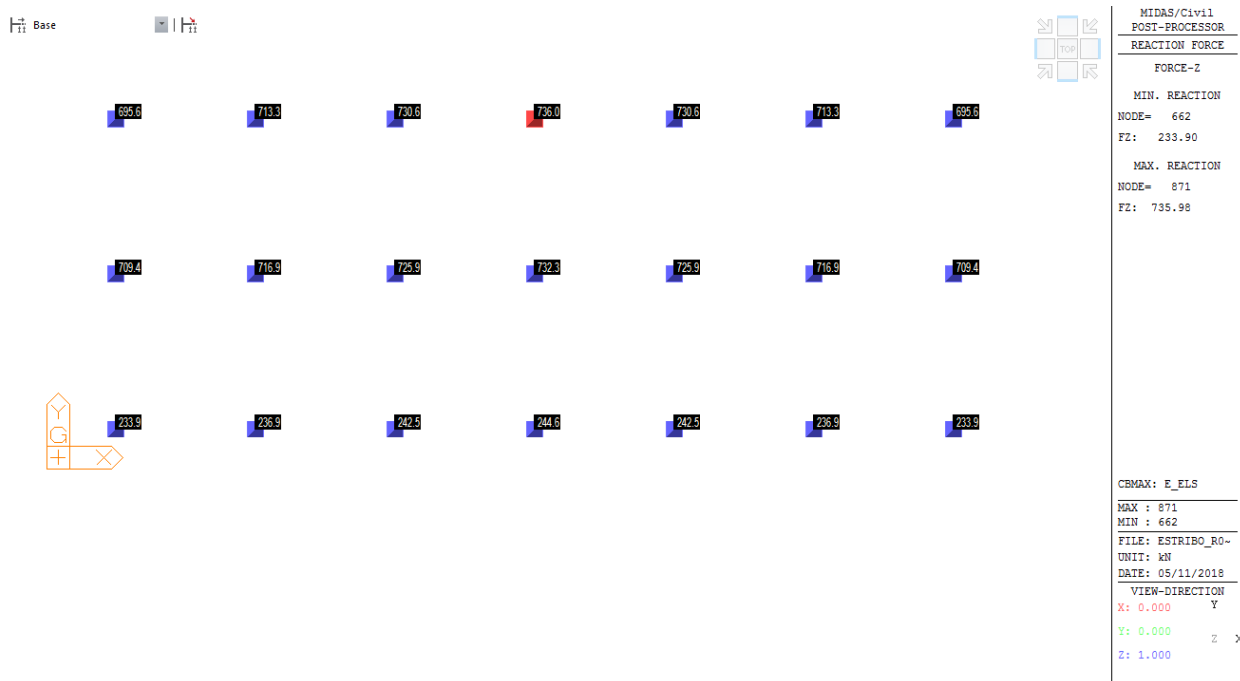
4. Empuje pasivo del relleno del intradós. Tal y como se especifica en la IAP-11 se ha considerado la mitad del empuje pasivo actuando en el intradós del alzado del estribo (ya que es un fenómeno que para desarrollarse completamente puede necesitar deformaciones excesivas).

5. Peso del terreno sobre el encepado debido a las tierras.

- Análisis de resultados

1. Hundimiento

A continuación se verifica que las reacciones en los pilotes no superan la carga máxima de hundimiento:



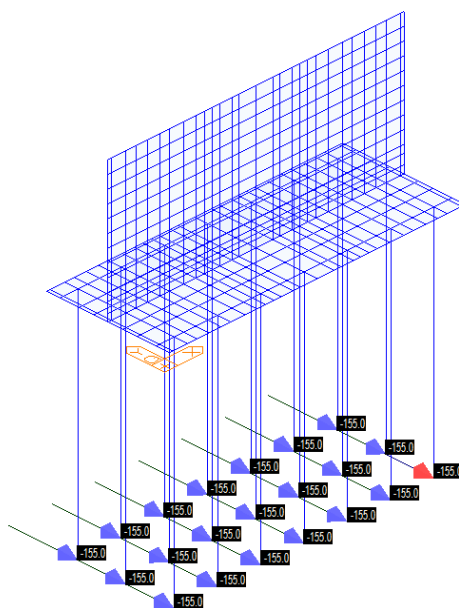
Se ha comprobado también que no se producen tracciones en los pilotes en ningún estado de carga.

2. Rotura horizontal del terreno

Es preciso comprobar que no se produce la rotura horizontal del terreno para las reacciones horizontales máximas existentes, de acuerdo con el procedimiento establecido en la GCOC.

Se muestran las reacciones máximas en ELU:

Base



MIDAS/Civil
 POST-PROCESSOR
 REACTION FORCE
 FORCE-Y
 MIN. REACTION
 NODE= 947
 FY: -155.04
 MAX. REACTION
 NODE= 662
 FY: -155.01

CBALL: E_ELU
 MAX : 662
 MIN : 947
 FILE: ESTRIBO_R0-
 UNIT: kN
 DATE: 05/11/2018
 VIEW-DIRECTION
 X: -0.612 Z
 Y: -0.612
 Z: 0.500

De acuerdo con el apartado 5.12 de la GCOC, suponiendo que el terreno es puramente cohesivo se tiene la siguiente figura:

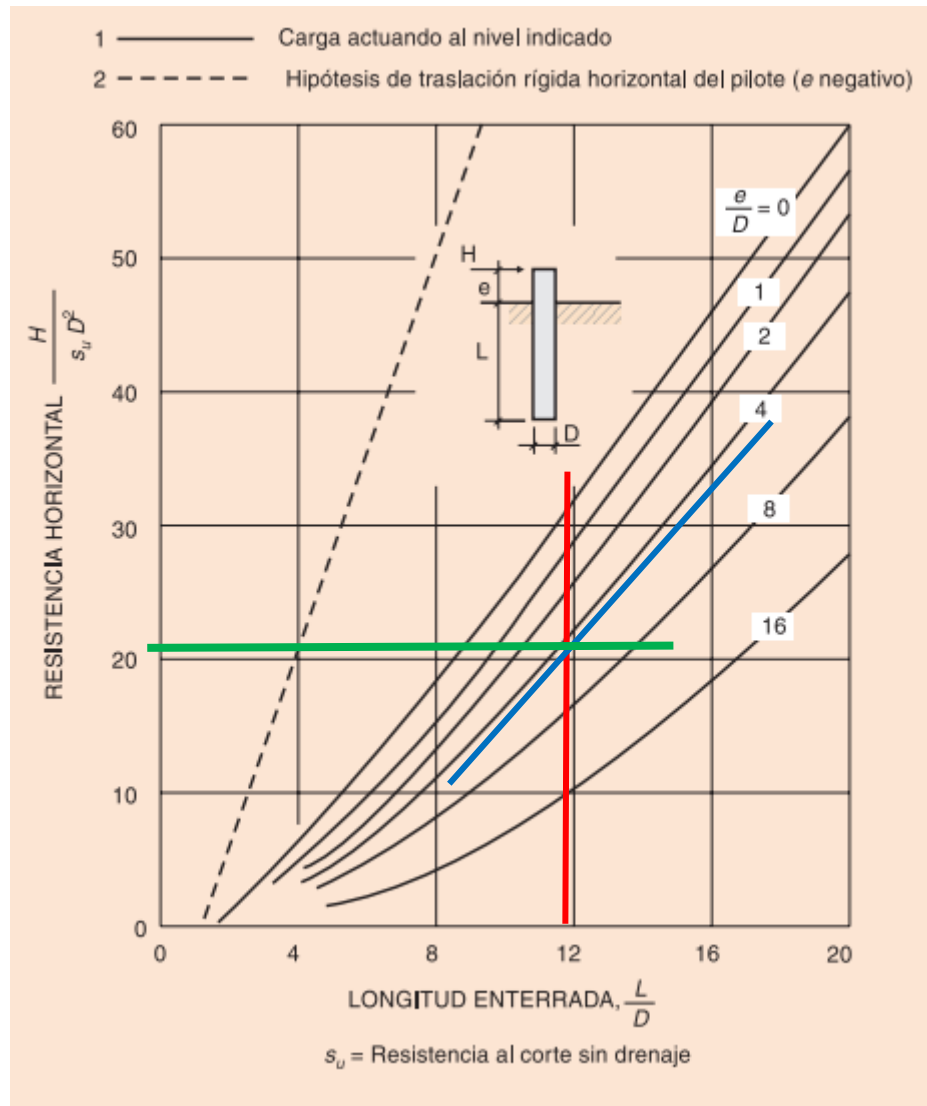


Fig.18 Carga de rotura horizontal del terreno para terreno puramente cohesivo (GCOC)

Se considera que considerar un terreno puramente cohesivo queda del lado de la seguridad.

La distancia a la que se encuentra la resultante respecto de la parte inferior del encepado (e) se ha estimado en 3m. La longitud empotrada total (del lado seguro se supone que todo está en terreno cohesivo) (L) es de 9m.

$$H_{\max} = 20 \cdot 0.25 \text{ kg/cm}^2 \cdot (60 \text{ cm})^2 = 180 \text{ kN}$$

Esta fuerza máxima no es superior a la sollicitación por lo que el terreno no rompe horizontalmente.

3. Comprobación estructural del pilote

De acuerdo con la GCOC, los esfuerzos máximos en el pilote son:

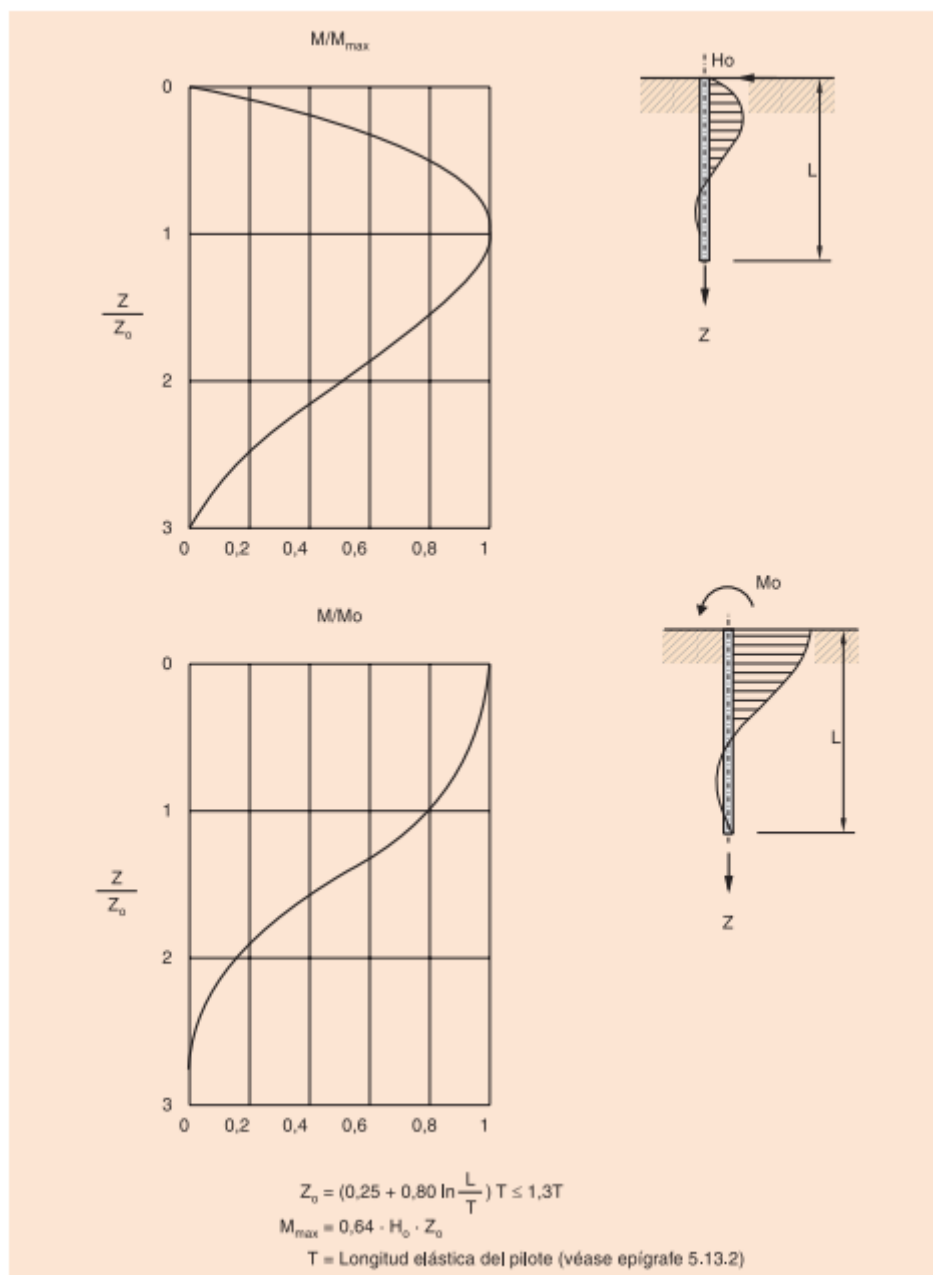


Fig. 19 Atenuación de esfuerzos en la parte enterrada de los pilotes (GCOC)

La longitud elástica del pilote se puede calcular de acuerdo a la siguiente fórmula:

Para el caso de suelos arcillosos en los que se conozca el valor medio de la resistencia al corte sin drenaje se supondrá:

$$T = \left(\frac{EI}{75s_u} \right)^{1/4}$$

Donde:

T = Longitud elástica del pilote.

n_h = Parámetro definido en 5.13.1.2 (tabla 5.4) para arenas.

s_u = Resistencia al corte sin drenaje (valor medio).

E = Módulo de elasticidad del pilote.

I = momento de inercia de la sección recta horizontal, respecto a un eje que pasa por el centro de gravedad y es perpendicular a la dirección de la acción. En secciones circulares macizas de diámetro D , resulta:

$$I = \frac{1}{64} \pi \cdot D^4$$

$E=30000\text{MPa}$

$I=6.36 \times 10^9$

$S_u=0.025\text{Mpa}$

$T=3176\text{mm}$

Sustituyendo en la fórmula de la fig.19 se tiene el siguiente valor de Z_0 :

$Z_0=3440 \text{ mm}$

$M_{\max}=0.64 \cdot 155\text{kN} \cdot 3.44\text{m}=341 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Se comprueba que la armadura dispuesta es suficiente para resistir el momento último en ELU:

Cálculo de secciones a flexión compuesta recta

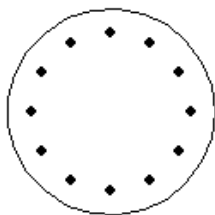
1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón : HA-35
Tipo de acero : B-500-S
fck [MPa] = 35.00
fyk [MPa] = 500.00
 γ_c = 1.50
 γ_s = 1.15

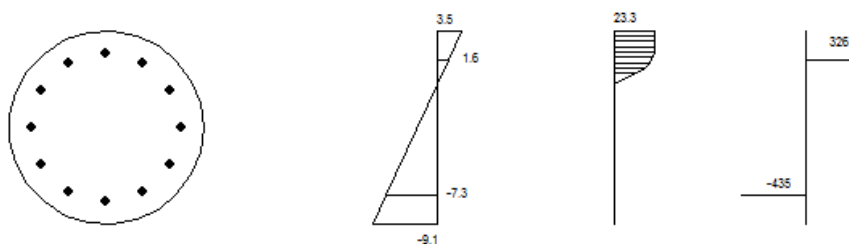
- Sección

Sección : PILOTE
 ϕ [m] = 0.60
r [m] = 0.070
nº barras = 12



2 Comprobación

$$\begin{aligned}\phi \text{ [mm]} &= 25 \\ N_d \text{ [kN]} &= 0 \\ M_d \text{ [kN} \cdot \text{m]} &= 355 \\ N_u \text{ [kN]} &= -0.0 \\ M_u \text{ [kN} \cdot \text{m]} &= 512.4 \\ \gamma &= 1.44\end{aligned}$$



Plano de deformación de agotamiento

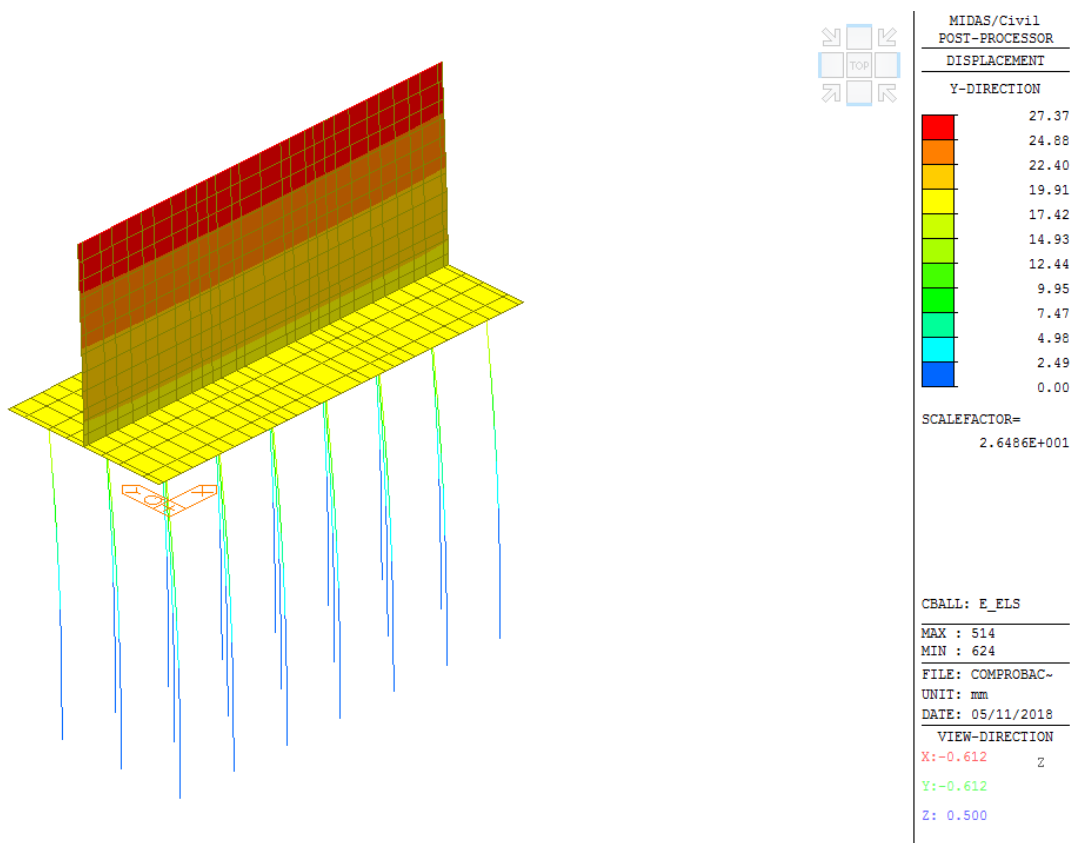
$$\begin{aligned}x \text{ [m]} &= 0.166 \\ 1/r \text{ [1/m]} \cdot 1.E-3 &= 21.0 \\ \epsilon_s \cdot 1.E-3 &= 3.5 \\ \epsilon_i \cdot 1.E-3 &= -9.1\end{aligned}$$

Deformación y tensión de armaduras superior e inferior

Profundidad [m]	Deformación $\cdot 1.E^{-3}$	Tensión [MPa]
0.089	1.6	-325.6
0.511	-7.3	434.8

Dadas las limitaciones de abertura máxima de fisura y los grandes recubrimientos a tener en cuenta es necesario disponer 12 barras de diámetro 25 con las que se cumple el Estado Límite de Servicio y el Estado Límite Último.

4. Deformaciones en alzado de estribo y pilotes



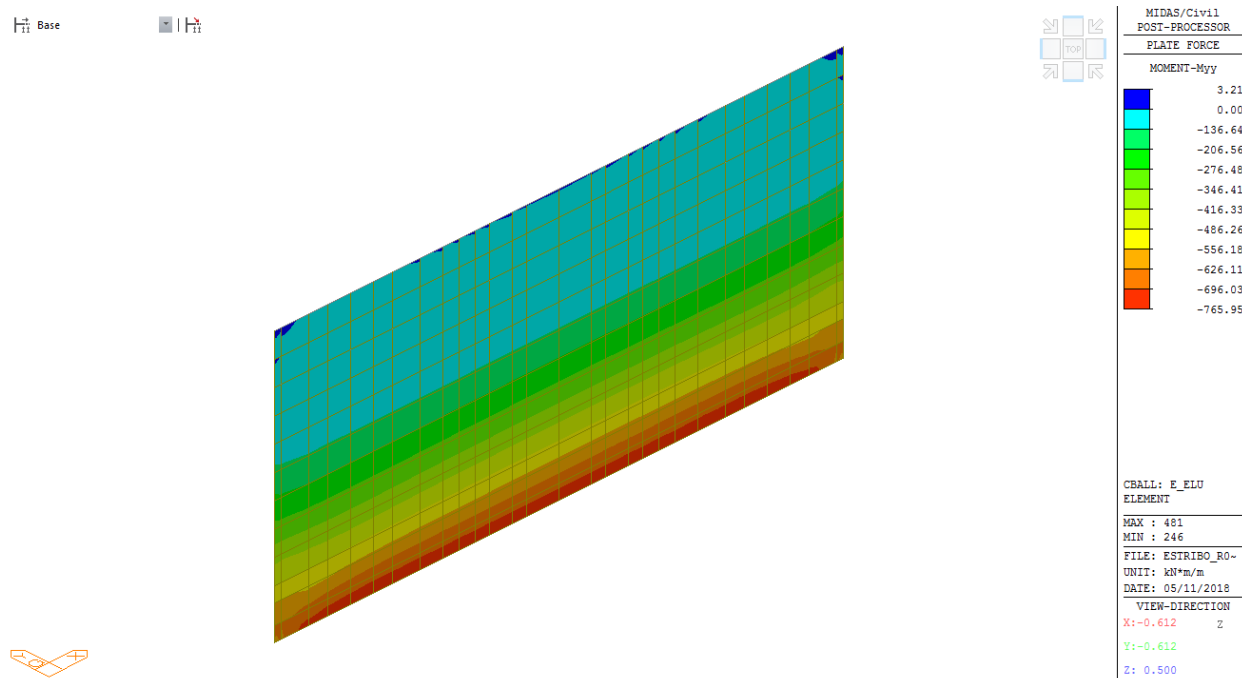
La deformación relativa del alzado del estribo es de unos 8mm que se considera una deformación admisible.

La deformación obtenida en cabeza de pilotes se corresponde en su mayor parte con el empuje del terreno que se desarrollará antes de colocar el tablero por lo que se considera admisible también.

5. Esfuerzos en encepado y alzado

Se muestran a continuación algunas imágenes de esfuerzos en el encepado y en el alzado de muro:

Momento máximo vertical (ELU)



Mymax(ELU) en alzado=765kN·m/m

Se comprueba que la armadura dispuesta es suficiente para resistir dicho esfuerzo de flexión:

Dimensionamiento de secciones a flexión simple

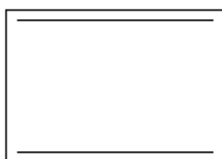
1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón : HA-30
Tipo de acero : B-500-S
fck [MPa] = 30.00
fyk [MPa] = 500.00
 γ_c = 1.50
 γ_s = 1.15

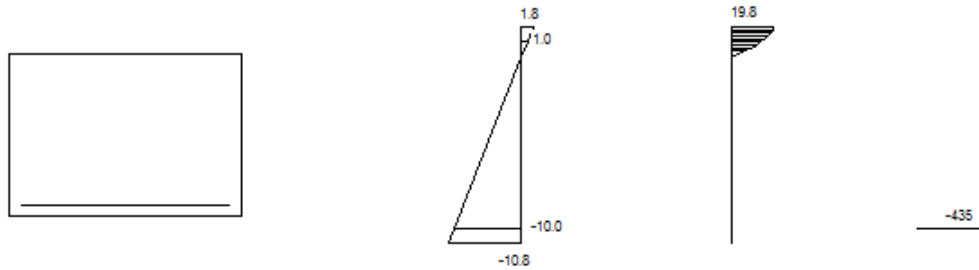
- Sección

Sección : ALZADO
b [m] = 1.00
h [m] = 0.70
ri [m] = 0.045
rs [m] = 0.045



2 Dimensionamiento

$$M_d \text{ [kN} \cdot \text{m]} = 765$$



Plano de deformación de agotamiento

$$\begin{aligned} x \text{ [m]} &= 0.099 \\ 1/r \text{ [1/m]} \cdot 1.E-3 &= 17.9 \\ \varepsilon_s \cdot 1.E-3 &= 1.8 \\ \varepsilon_i \cdot 1.E-3 &= -10.8 \end{aligned}$$

Deformación y tensión de armaduras

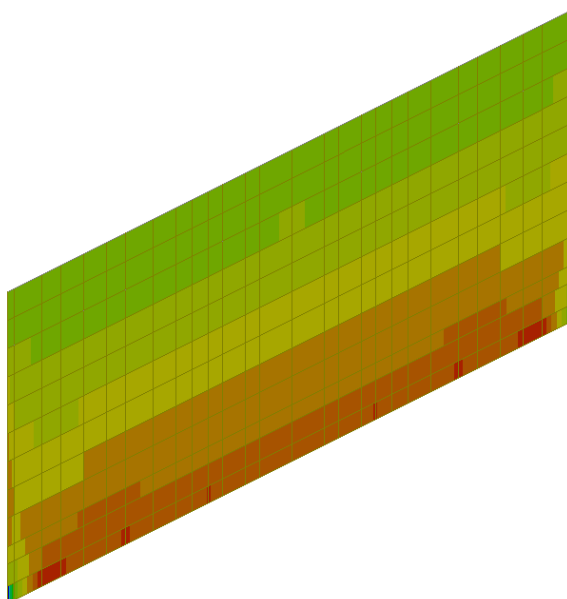
Profundidad [m]	Armadura [cm²]	Deformación ·1.E ⁻³	Tensión [MPa]
0.045	0.0	1.0	0.0
0.655	28.4	-10.0	434.8

$$A_{t_est} \text{ [cm}^2\text{]} = 28.4$$

Cortante máximo (ELU)

Base

11



MIDAS/Civil	
POST-PROCESSOR	
PLATE FORCE	
SHEAR-Vyy	
284.97	
225.82	
166.66	
107.51	
48.35	
0.00	
-69.95	
-129.11	
-188.26	
-247.42	
-306.57	
-365.73	

CBALL: F_ELU	
ELEMENT	
MAX : 566	
MIN : 242	
FILE: ESTRIBO_R0-	
UNIT: kN/m	
DATE: 05/11/2018	
VIEW-DIRECTION	
X: -0.612	Z
Y: -0.612	
Z: 0.500	

Vmax(ELU) en alzado=275kN/m

Se comprueba que no es necesario disponer armadura de cortante:

Cálculo de secciones a cortante

1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón : HA-30
Tipo de acero : B-500-S
fck [MPa] = 30.00
fyk [MPa] = 500.00
 γ_c = 1.50
 γ_s = 1.15

- Control del hormigón

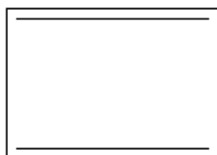
Control normal

- Tipo de elemento estructural

Tipo : elemento sin armadura a cortante

- Sección

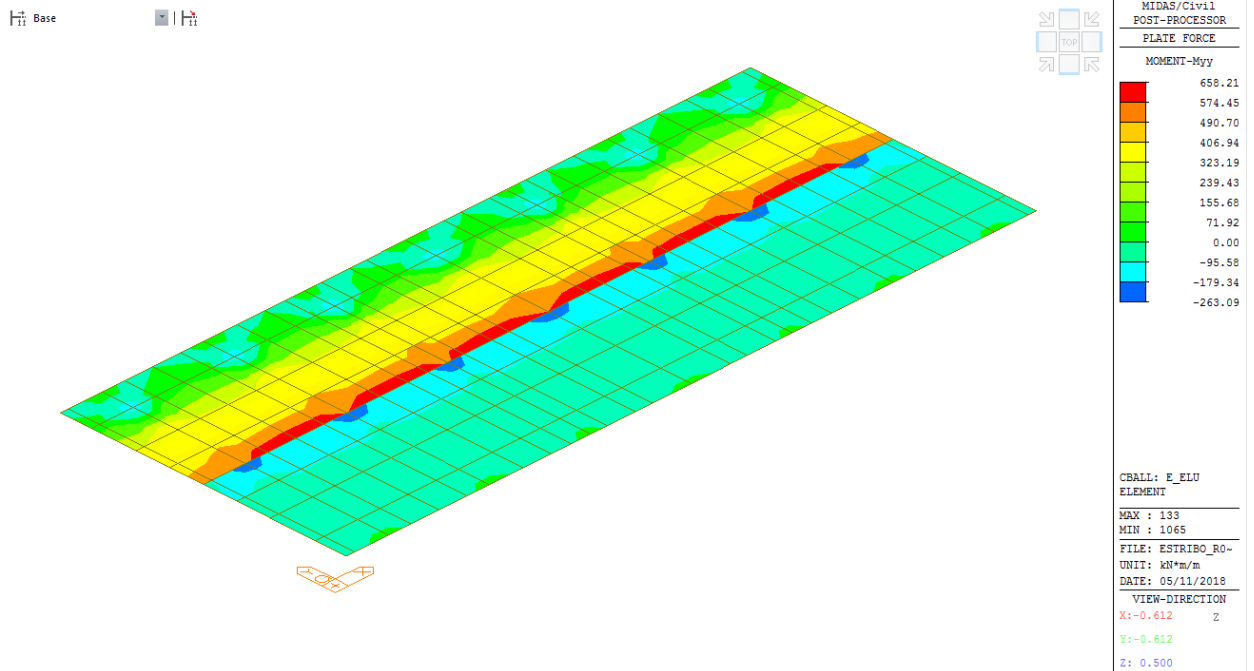
Sección : ALZADO
b0 [m] = 1.00
h [m] = 0.70



2 Comprobación

$\rho_l [-1.E-3] = 3$
Nd [kN] = 0.0
Vu [kN] = 349.0

Momento máximo transversal (alrededor del eje X) en ELU



Mymax(ELU) encepado=660kN·m/m

Se comprueba que la armadura dispuesta es suficiente para resistir dicho esfuerzo de flexión:

Dimensionamiento de secciones a flexión simple

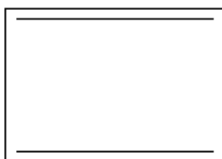
1 Datos

- Materiales

Tipo de hormigón : HA-30
Tipo de acero : B-500-S
fck [MPa] = 30.00
fyk [MPa] = 500.00
 γ_c = 1.50
 γ_s = 1.15

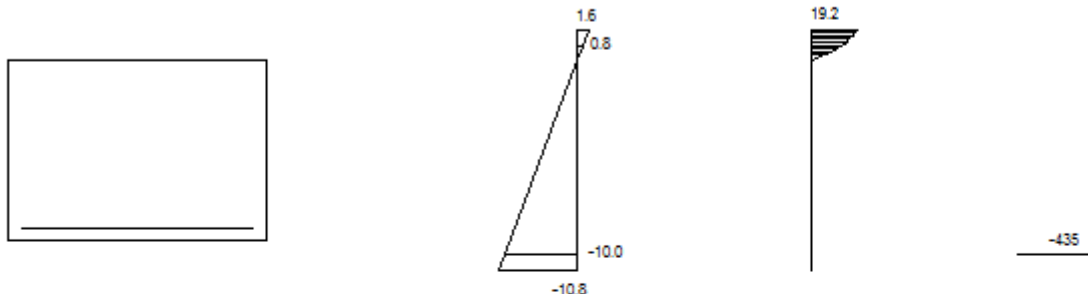
- Sección

Sección : ALZADO
b [m] = 1.00
h [m] = 0.70
ri [m] = 0.045
rs [m] = 0.045



2 Dimensionamiento

$$M_d \text{ [kN} \cdot \text{m]} = 660$$



Plano de deformación de agotamiento

$$\begin{aligned} x \text{ [m]} &= 0.091 \\ 1/r \text{ [1/m]} \cdot 1.E-3 &= 17.7 \\ \epsilon_s \cdot 1.E-3 &= 1.6 \\ \epsilon_i \cdot 1.E-3 &= -10.8 \end{aligned}$$

Deformación y tensión de armaduras

Profundidad [m]	Armadura [cm ²]	Deformación · 1.E ⁻³	Tensión [MPa]
0.045	0.0	0.8	0.0
0.655	24.4	-10.0	434.8

$$A_{t_est} \text{ [cm}^2\text{]} = 24.4$$

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El diseño estructural se ha realizado de acuerdo a la normativa vigente, tratando de conjugar distintos aspectos como la seguridad, la economía y la integración de las diferentes soluciones en el entorno.

La tipología constructiva y el diseño estructural satisfacen las condiciones para las que se conciben las estructuras planteadas.

Abril de 2018



Fdo: D. Jon Imanol Fernández Lobo

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Nº Colegiado 33.395

LKS Ingenieria S.Coop.