

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN2

2. BASES DE CÁLCULO.....2

2.1. NORMAS Y DOCUMENTOS PARA EL DISEÑO2

2.2. MATERIALES ESTRUCTURALES2

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO Y RELLENO DEL TRASDÓS.....2

2.3.1. Parámetros del terreno natural:.....2

2.3.2. Parámetros del relleno del trasdós del muro:.....2

2.3.3. Otras consideraciones2

2.4. TENSIONES ADMISIBLES DEL TERRENO3

2.5. ESTABILIDAD DEL MURO3

3. ACCIONES3

3.1. PESO PROPIO.....3

3.2. EMPUJES DE TIERRAS3

3.3. ACCIONES SÍSMICAS.....3

4. ESTABILIDAD GLOBAL4

5. JUSTIFICACIÓN DE MUROS.....5

5.1. ASPECTOS GENERALES.....5

5.2. MEMORIAS DE CÁLCULO.....6

MEMORIA DE CÁLCULO MURO MT11

MEMORIA DE CÁLCULO MURO MT22

APÉNDICE 1. ESTABILIDAD DE TALUDES DE EXCAVACIÓN3

1. INTRODUCCIÓN

El presente Anejo de Estructuras tiene por objeto la justificación técnica de las estructuras contenidas en el “PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE VÍA CICLISTA. CONEXIÓN DE LESAKA CON LA RED EUROPEA DE VÍAS CICLISTAS EUROVELO”.

Dichas estructuras consisten en muros de hormigón armado dispuestos en la margen derecha de la plataforma de la vía ciclista y surgen por la necesidad de ganar terreno necesario para la vía ciclista, por ello, se sitúan a pie del talud de excavación.

La distancia entre las juntas de contracción de los muros será de 10,00 m y la distancia entre las juntas de dilatación será de 30,00 m.

La tipología de los muros es la convencional de muros ménsula de hormigón armado o también conocidos como muros “T”, los cuales se tramifican por alturas y cotas de cimentación en función de las necesidades que se presentan a lo largo de la longitud de terreno a contener. Se han optimizado los tipos de muro para cada PK, situando aquellos que son estrictamente necesarios. Se han obtenido dos tipos de muro, denominándose en los planos constructivos como: MT1 y MT2.

TRAMO	PK INICIAL	PK FINAL	LONGITUD (m)	MARGEN	TIPO
M1.1	00+102	00+142	40,00	MD	MT1
M1.2	00+142	00+152	10,00	MD	MT1
M1.3	00+152	00+162	10,00	MD	MT1
M1.4	00+162	00+182	20,00	MD	MT2
M1.5	00+182	00+197	15,00	MD	MT2
M1.6	00+197	00+210	13,00	MD	MT1

2. BASES DE CÁLCULO

2.1. NORMAS Y DOCUMENTOS PARA EL DISEÑO

En el presente documento se han tenido en consideración una serie de normativas que se enuncian a continuación:

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE- 08).
- Guía de cimentaciones en obras de carretera de la Dirección de General de Carreteras del Ministerio de Fomento.
- Tipología de muros de carretera.
- Norma de construcción sismorresistente NCSE-02

2.2. MATERIALES ESTRUCTURALES

- Hormigón: HA-25/P/20/Ila
- Acero armaduras: B 500 S

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO Y RELLENO DEL TRASDÓS

2.3.1. Parámetros del terreno natural:

Partiendo de los ensayos realizados en campo, se obtuvieron los siguientes parámetros de resistencia siguiendo el método descrito en el Anejo 3.- Geología y Geotecnia del corredor.

- $\gamma_p = 1,90 \text{ t/m}^3$ (peso específico aparente del terreno).
- $\Phi' = 0^\circ$ (ángulo de rozamiento efectivo para el cálculo de estabilidad global del talud).
- $c' = 3,7 \text{ t/m}^2$ (cohesión efectiva para el cálculo de estabilidad global del talud).

2.3.2. Parámetros del relleno del trasdós del muro:

Se utilizará un material granular de tipo grava como filtro. Los parámetros de resistencia considerados se estimaron en base a los valores típicos recomendados por el programa CivilEstudio para este tipo de material.

- $\Phi = 40^\circ$ (ángulo de rozamiento residual para el cálculo de estabilidad local del muro)
- $c = 0 \text{ t/m}^2$ (cohesión residual para el cálculo de estabilidad local del muro, se ha adoptado un valor del 25% de c' quedando del lado de la seguridad).
- $\gamma_p = 2,1 \text{ t/m}^3$ (peso específico aparente del relleno).

2.3.3. Otras consideraciones

- Se ha proyectado un sistema de drenaje en el trasdós del muro formado por relleno con material drenante y un tubo de PVC ranurado, despreciando el efecto del agua.
- Debido al valor nulo ángulo de rozamiento del terreno de cimentación estimado, se considera que no existe rozamiento entre la zapata y el terreno. También se desprecia el efecto por adherencia, estando del lado de la seguridad.
- Se ha considerado que actúa el 60% del empuje pasivo.
- La sección que se estudia en el cálculo de cada tramo del muro corresponde a la sección con el escenario más crítico.

2.4. TENSIONES ADMISIBLES DEL TERRENO

La capacidad portante del terreno se obtiene del Anejo 3.- Geología y Geotecnia del corredor. Este parámetro depende de diversos factores, entre los cuales influyen la inclinación de la carga, la anchura y forma de la zapata equivalente, las condiciones de nivel freático, entre otros. Para los efectos de los cálculos se opta por un valor de 20 t/m² y se modela con la sección más desfavorable y el escenario pésimo, estando así del lado de la seguridad.

2.5. ESTABILIDAD DEL MURO

Los factores de seguridad que se han asumido para el deslizamiento y para el vuelco son los que figuran en la Guía de Cimentaciones, que se muestra a continuación:

TABLA 4.8. DESLIZAMIENTO: COEFICIENTES DE SEGURIDAD MÍNIMOS PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES	
COMBINACIÓN DE ACCIONES	COEFICIENTE DE SEGURIDAD FRENTE AL DESLIZAMIENTO
Casi permanente (*)	$F_1 \geq 1,50$
Característica	$F_2 \geq 1,30$
Accidental	$F_3 \geq 1,10$

(*) Como valor del coeficiente de seguridad para la combinación de acciones casi permanente, en situaciones transitorias y de corto plazo, podrá adoptarse el coeficiente de seguridad F_2 (véase apartado 2.10).

TABLA 4.9. VUELCO: COEFICIENTES DE SEGURIDAD MÍNIMOS PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES		
COMBINACIÓN DE ACCIONES	COEFICIENTE DE SEGURIDAD AL VUELCO RÍGIDO	COEFICIENTE DE SEGURIDAD AL VUELCO PLÁSTICO
Casi permanente(*)	$F_1 \geq 2,00$	$F_1 \geq 1,50$
Característica	$F_2 \geq 1,80$	$F_2 \geq 1,30$
Accidental	$F_3 \geq 1,50$	$F_3 \geq 1,10$

(*) Como valor del coeficiente de seguridad para la combinación de acciones casi permanente, en situaciones transitorias y de corto plazo, podrá adoptarse el coeficiente de seguridad F_2 (véase apartado 2.10).

3. ACCIONES

3.1. PESO PROPIO

Se obtiene a partir de la geometría y densidad de cada uno de los elementos que conforman la estructura. Para el hormigón armado, el peso específico es de 2,55 t/m³ para el hormigón y de 7,85 t/m³ para el acero. El programa *CivilEstudio* calcula la magnitud de esta acción automáticamente luego de ingresar la geometría y los materiales.

3.2. EMPUJES DE TIERRAS

En el empuje del trasdós se considera el empuje activo de tierras al mismo tiempo que se considera empuje pasivo en el intradós con una reducción del 60% del mismo. No se consideran cargas de tráfico ni de ninguna otra índole ya que no existe banqueta en la coronación del talud a contener.

3.3. ACCIONES SÍSMICAS

Para el cálculo de las acciones sísmicas se tendrá en cuenta la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02), del año 2009.

La aceleración básica de cálculo, a_c , se define como el producto:

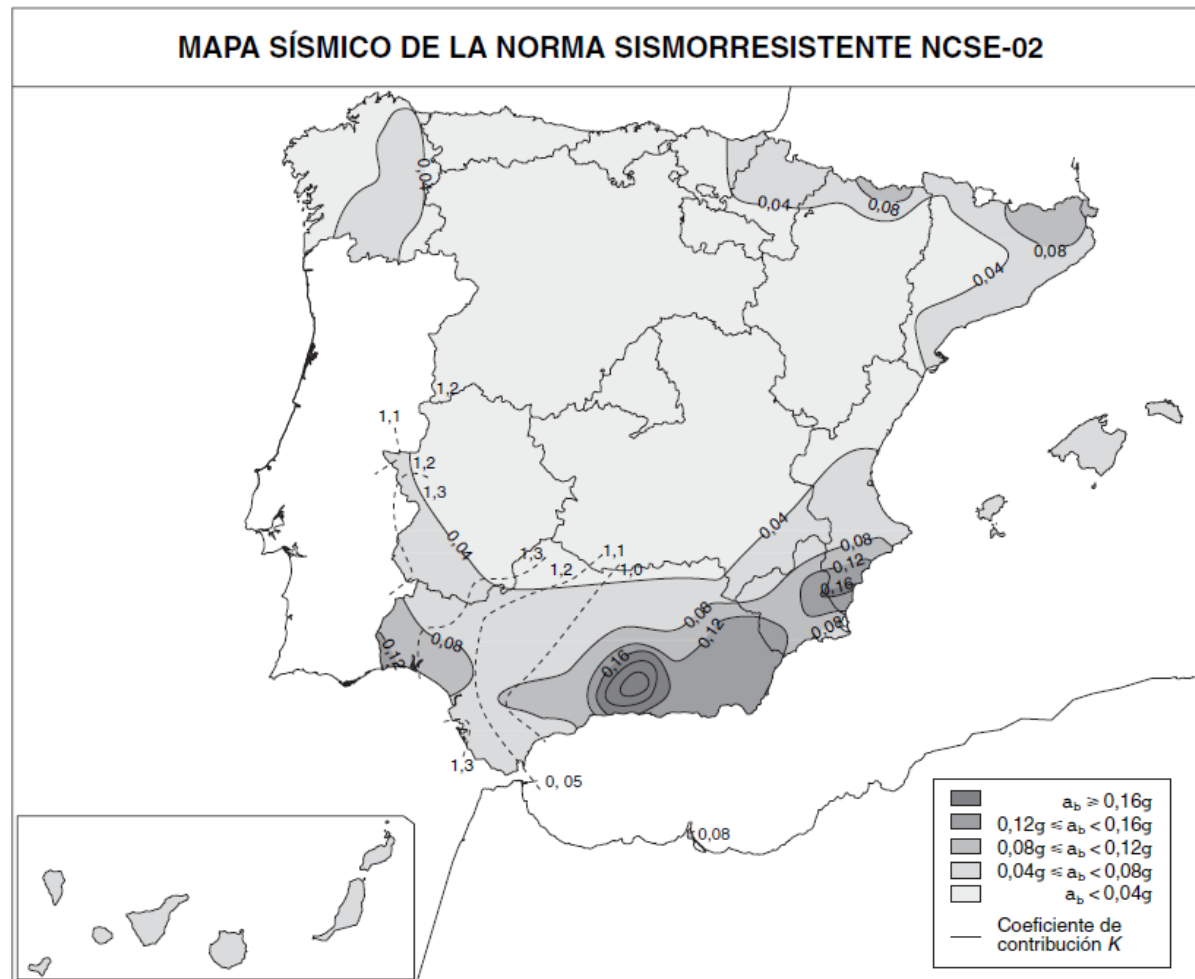
$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

En nuestro caso, para el municipio de Lesaka resulta $a_b= 0,04g$.

Municipio	a_b/g	K
Lerga	0,04	(1,0)
Lesaka	0,04	(1,0)
Lezáun	0,04	(1,0)

Siendo:

- a_b la aceleración sísmica básica, obtenido a partir del mapa de peligrosidad sísmica que se muestra a continuación:



- ρ el coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se excede a_c en el periodo de vida para el que se proyecta. Para construcciones de importancia normal:

$$\rho = 1,0.$$

- S el coeficiente de amplificación del terreno. Toma el valor de la tabla siguiente:

Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1 \text{ g}$	$S = \frac{C}{1,25}$
Para $0,1 \text{ g} < \rho \cdot a_b < 0,4 \text{ g}$	$S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \left(\rho \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{C}{1,25} \right)$
Para $0,4 \text{ g} \leq \rho \cdot a_b$	$S = 1,0$

Dónde C es un coeficiente de terreno que depende de las características geotécnicas del mismo, y que se detalla en los puntos siguientes:

- **Terreno tipo I:** roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las

ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_s > 750 \text{ m/s}$.

- **Terreno tipo II:** roca muy fracturada, suelo granular denso o cohesivo duro. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $750 \text{ m/s} \geq v_s > 400 \text{ m/s}$.
- **Terreno tipo III:** suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $400 \text{ m/s} \geq v_s > 200 \text{ m/s}$.
- **Terreno tipo IV:** suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_s \leq 200 \text{ m/s}$. A cada uno de estos tipos de terreno se le asigna un valor del coeficiente C , coeficiente del terreno, que aparece en la tabla adjunta:

Tipo de terreno	Coeficiente C
I	1,0
II	1,3
III	1,6
IV	2,0

En nuestro caso adoptamos un tipo de terreno III para un suelo de compacidad media, al que le corresponde un coeficiente C de 1,6.

En consecuencia, se obtiene un valor de la aceleración de cálculo

$$a_c = 1,28 \cdot 0,04 = 0,051 \text{ g}$$

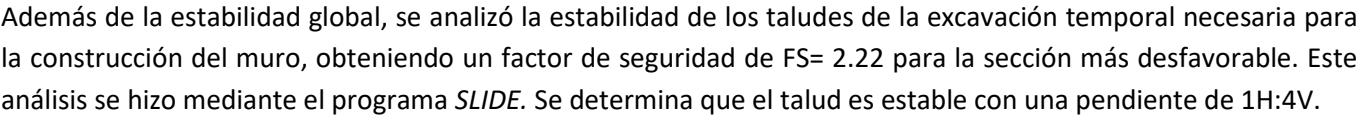
Puesto que la aceleración sísmica básica supera los $0,04\text{g}$ debemos aplicar las acciones sísmicas.

4. ESTABILIDAD GLOBAL

La estabilidad global se ha estudiado con el programa *CivilEstudio*, el cuál evalúa la superficie de rotura y obtiene el círculo de deslizamiento pésimo del sistema muro-terreno. Se considera la sección más desfavorable para calcular cada tramo de muro, de modo que se obtenga el menor factor de seguridad posible ante deslizamiento verificando el cumplimiento de los coeficientes de seguridad

Para cada uno de los tramos, en la respectiva justificación de cálculo del apartado siguiente, se recoge el factor de seguridad ante deslizamiento obtenido para los círculos de deslizamiento pésimos. Se ha considerado la sección transversal más desfavorable y cada una de las combinaciones de carga en las situaciones de cálculo persistentes y accidentales, verificando que siempre se cumpla que:

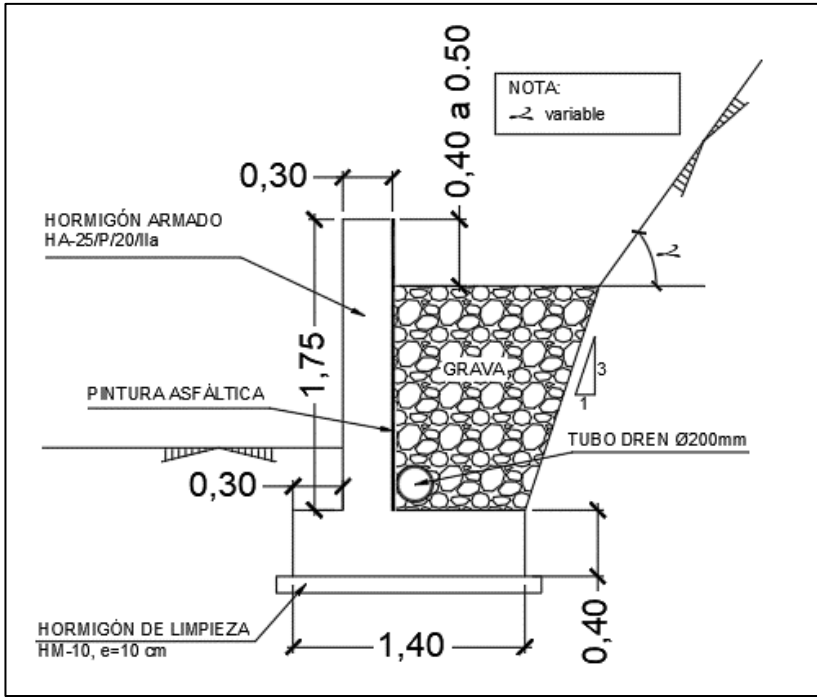
$$FS_{\text{mínimo}} > FS_{\text{admisible}}$$



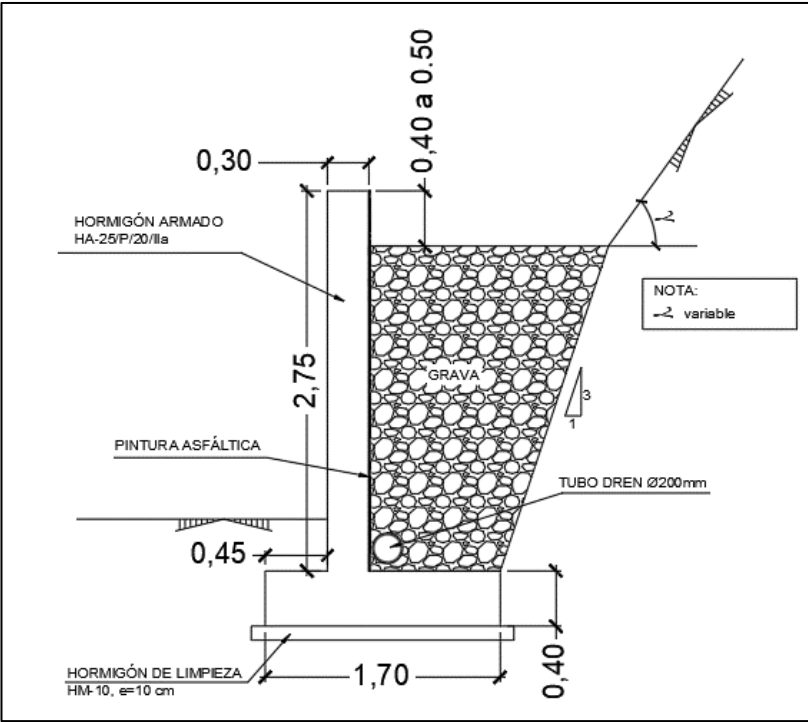
5.1. ASPECTOS GENERALES

De acuerdo a las características y la topografía del terreno a contener, se han dispuesto dos tipologías de muros que se describen a continuación:

MURO TIPO MT1:



MURO TIPO MT2:



TRAMO	MURO TIPO	LONGITUD (m)	HORMIGÓN (m³)	ACERO (kg)
M1.1	MT1	40,0	43,6	5621,08
M1.2	MT1	10,0	10,9	1405,27
M1.3	MT1	10,0	10,9	1405,27
M1.4	MT2	20,0	30,2	4310,98
M1.5	MT2	15,0	22,65	3233,24
M1.6	MT1	13,0	14,17	1826,85
	TOTAL	108	132,42	17802,7

Se considera un resguardo en coronación que varía entre de 40 a 50 cm según la topografía del terreno, con el objetivo de proteger la vía ciclista ante una eventual caída de materiales sueltos desde la parte superior del talud. Debido a esto, los cálculos se realizaron partiendo de la hipótesis de colmatación total del resguardo mencionado con material desprendido o sedimentos acumulados, tendiendo en cuenta así el escenario pésimo para la estabilidad de la estructura de contención.

Por otra parte, al disponer de drenaje en el trasdós y partiendo de la ausencia de nivel freático según las perforaciones realizadas para la elaboración del anejo de Geología y Geotecnia del corredor, se desprecia el empuje hidrostático del agua y la posible aparición supresión en la cimentación.

Para la modelización y justificación completa de los muros se emplea el módulo MURO SUPERFICIAL, del programa *CivilEstudio* desarrollando los siguientes aspectos:

- Resumen de verificaciones
- Definición del muro
- Esfuerzos y reacciones
- Estado límite de deslizamiento
- Estado límite de vuelco
- Estado límite de estabilizad global
- Estado límite de hundimiento
- Estado límite de rotura por flexión
- Estado límite de fisuración
- Estado límite de rotura por cortante
- Estado límite de deformaciones
- Verificación del despiece

5.2. MEMORIAS DE CÁLCULO

A continuación se exponen los cálculos justificativos de los diferentes tramos de muro estudiados:

MEMORIA DE CÁLCULO MURO MT1

Programa: Civil eStudio

Versión: 39 - 27

Barcelona, 2020

Civil eStudio, software propiedad de CivilCAD Consultores, S.L.

Autores: L.M.Callís, J.M.Roig, I.Callís, P.Reinés

Licencia de uso concedida a: PEYCO

Número de usuario: 12034

Proyecto:

Nombre del proyecto: *Proyecto de Construcción de vía ciclista. Conexión de Lesaka con la Red Europea de vías ciclistas Eurovelo*

Nombre de la estructura: *Muro PP.KK 0+102 a PP.KK 0+210*

Nombre del elemento estructural: *Muro mensula de hormigón armado*

Tipo de estructura: *Muro in situ*

Funcionalidad de la estructura: *Muro de contención*

Clase de estructura: *Canto variable*

Vida útil: *100 años*

Normativas:

Ámbito: *Normas españolas*

Unidades:

Sistema *M.K.S.*

Despiece:

Sistema Métrico Europeo

Módulo del programa:

Módulo Muro superficial

Nombre del archivo de proyecto: *muro 1.75.mur*

Ruta de acceso: *c:\users\j.villamil\documents\004-cb lesaka\muro h=1,75m*

Informe:

Tipo de informe: *Informe de la Memoria de cálculo*

Informe generado el día 02-07-2021 a las 10:49:21.

Índice

1 RESUMEN DE VERIFICACIONES

2 DEFINICIÓN DEL PROYECTO

- 2.1 Ámbito normativo
- 2.2 Geometría
 - 2.2.1 Planta del paramento
 - 2.2.2 Zapata
 - 2.2.3 Alzado
- 2.3 Materiales
 - 2.3.1 Hormigón Alzado
 - 2.3.2 Hormigón Zapata
 - 2.3.3 Hormigón Capa de nivelación
 - 2.3.4 Acero de la armadura pasiva Alzado
 - 2.3.5 Acero de la armadura pasiva Zapata
- 2.4 Recubrimientos geométricos
- 2.5 Fisuración
- 2.6 Terreno
- 2.7 Acciones
 - 2.7.1 Acciones permanentes
 - 2.7.2 Acciones accidentales
- 2.8 Coeficientes de seguridad
 - 2.8.1 Coeficientes de mayoración de las acciones, γ_F
 - 2.8.2 Coeficientes de seguridad y combinación
- 2.9 Configuración del cálculo

3 ESFUERZOS EN ALZADO Y ACCIONES EN ZAPATA

- 3.1 Módulo 1
 - 3.1.1 Sección 1 ($x = 0.500$ m)

4 ESTADO LÍMITE DE DESLIZAMIENTO

- 4.1 Módulo 1
 - 4.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente
 - 4.1.2 Situación persistente. Combinación característica
 - 4.1.3 Situación accidental. Combinación sísmica
- 4.2 Resumen de verificaciones

5 ESTADO LÍMITE DE VUELCO

- 5.1 Módulo 1
 - 5.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente
 - 5.1.2 Situación persistente. Combinación característica
 - 5.1.3 Situación accidental. Combinación sísmica
- 5.2 Resumen de verificaciones

6 ESTADO LÍMITE DE ESTABILIDAD GLOBAL

- 6.1 Módulo 1

- 6.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente
- 6.1.2 Situación persistente. Combinación característica
- 6.1.3 Situación accidental. Combinación sísmica
- 6.2 Resumen de verificaciones

7 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE HUNDIMIENTO DEL TERRENO

- 7.1 Módulo 1
 - 7.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente
 - 7.1.2 Situación persistente. Combinación característica
 - 7.1.3 Situación accidental. Combinación sísmica
- 7.2 Resumen de verificaciones

8 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE ROTURA POR FLEXIÓN

- 8.1 Módulo 1
 - 8.1.1 Alzado
 - 8.1.1.1 Situación persistente. Combinación fundamental
 - 8.1.1.2 Situación accidental. Combinación sísmica
 - 8.1.1.3 Envolverte de armaduras
 - 8.1.2 Zapata
 - 8.1.2.1 Situación persistente. Combinación fundamental
 - 8.1.2.2 Situación accidental. Combinación sísmica
 - 8.1.2.3 Envolverte de armaduras
- 8.2 Resumen de verificaciones

9 ESTADO LÍMITE DE FISURACIÓN

- 9.1 Módulo 1
 - 9.1.1 Alzado
 - 9.1.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente
 - 9.1.2 Zapata
 - 9.1.2.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente
- 9.2 Resumen de verificaciones

10 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE ROTURA POR CORTANTE

- 10.1 Módulo 1
 - 10.1.1 Alzado
 - 10.1.1.1 Situación persistente. Combinación fundamental
 - 10.1.1.2 Situación accidental. Combinación sísmica
 - 10.1.1.3 Envolverte de armaduras
 - 10.1.2 Zapata
 - 10.1.2.1 Situación persistente. Combinación fundamental
 - 10.1.2.2 Situación accidental. Combinación sísmica
 - 10.1.2.3 Envolverte de armaduras
- 10.2 Resumen de verificaciones

11 ESTADO LÍMITE DE DEFORMACIONES

- 11.1 Módulo 1
- 11.2 Resumen de verificaciones

12 VERIFICACIÓN DEL DESPIECE

1 RESUMEN DE VERIFICACIONES

Nombre del proyecto: *Proyecto de Construcción de vía ciclista. Conexión de Lesaka con la Red Europea de vías ciclistas Eurovelo*

Nombre de la estructura: *Muro PP.KK 0+102 a PP.KK 0+210*

Nombre del elemento estructural: *Muro mensula de hormigón armado*

Tipo de estructura: *Muro in situ*

Funcionalidad de la estructura: *Muro de contención*

Clase de estructura: *Canto variable*

Vida útil: *100 años*

Módulo 1		
Estado límite de deslizamiento zapata - terreno		
Situación persistente	Combinación cuasi permanente	Cumple
	Combinación característica	Cumple
Situación accidental	Combinación sísmica	Cumple
Estado límite de vuelco rígido		
Situación persistente	Combinación cuasi permanente	Cumple
	Combinación característica	Cumple
Situación accidental	Combinación sísmica	Cumple
Estado límite geotécnico último de hundimiento		
Situación persistente	Combinación cuasi permanente	Cumple
	Combinación característica	Cumple
Situación accidental	Combinación sísmica	Cumple
Estado límite estructural último de rotura por flexión		
Situación persistente	Combinación fundamental	Cumple
Situación accidental	Combinación sísmica	Cumple
Estado límite estructural de servicio de fisuración		
Situación persistente	Combinación cuasi permanente	Cumple
Estado límite estructural último de rotura por cortante		
Situación persistente	Combinación fundamental	Cumple
Situación accidental	Combinación sísmica	Cumple
Estado límite estructural de servicio de deformaciones		
Situación persistente	Combinación cuasi permanente	Cumple
	Combinación frecuente	Cumple
	Combinación característica	Cumple

Estado límite de estabilidad global		
Situación persistente	Combinación cuasi permanente	Cumple
	Combinación característica	Cumple
Situación accidental	Combinación sísmica	Cumple
Obtención del despiece de la armadura		
Generación del armado	.	Cumple

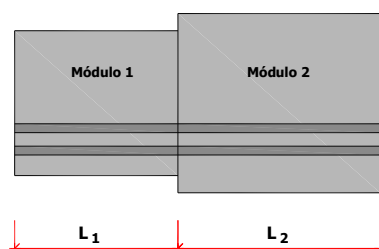
2 DEFINICIÓN DEL PROYECTO

2.1 Ámbito normativo

IAP. Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera. 2011
 IAPF. Instrucción de Acciones a considerar en puentes de ferrocarril. 2007
 Guía. Guía de cimentaciones. 2009
 CTE. Código Técnico de la Edificación. 2006
 EHE. Instrucción Española del Hormigón Estructural. 2008

2.2 Geometría

2.2.1 Planta del paramento

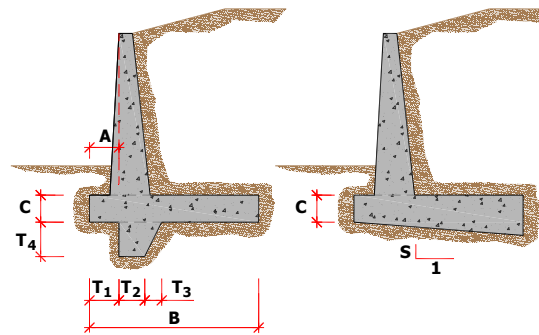


Módulo	Coordenadas Paramento				Longitud L (m)
	Punto inicial		Punto final		
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
1	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000

Ángulo inicial de la zapata con el paramento α_1 : 100.000 g
 Ángulo final de la zapata con el paramento α_2 : 100.000 g

2.2.2 Zapata

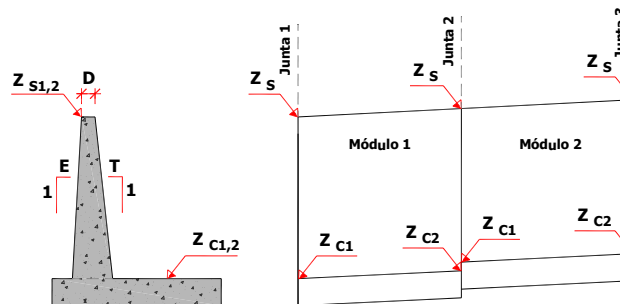
Dimensiones de la zapata



Módulo	A (m)	Ancho B (m)	Canto C (m)	Pendiente S
1	0.300	1.400	0.400	0.000

Espesor del hormigón de limpieza : 0.100 m

2.2.3 Alzado



Junta	Cota coronación Z_s (m)	Pendiente E (tanto por uno)	Canto coronación D (m)
1	1.750	0.000	0.300
2	1.750	0.000	0.300

Módulo	Cota zapata Z_{c1} (m)	Cota zapata Z_{c2} (m)	Pendiente trasdós T_1 (tanto por uno)	Pendiente trasdós T_2 (tanto por uno)
1	0.000	0.000	0.000	0.000

2.3 Materiales

2.3.1 Hormigón Alzado

Denominación: HA-25

Resistencia característica a compresión, f_{ck}	:	255	kg/cm ²
Resistencia media a compresión, f_{cm}	:	337	kg/cm ²
Resistencia característica a tracción, $f_{ct,k}$	:	-18	kg/cm ²
Resistencia media a tracción, $f_{ct,m}$	:	-26	kg/cm ²
Módulo elástico secante, E_{cm}	:	278016	kg/cm ²
Módulo elástico inicial (tangente), E_c	:	326669	kg/cm ²
Coefficiente de Poisson, ν	:	0.20	
Peso específico, γ	:	2.55	t/m ³
Coefficiente del tipo de cemento, s	:	0.25	
Coefficiente de la naturaleza del árido, α	:	1.0	
Coefficiente de dilatación térmica, α	:	0.00001000	°C ⁻¹

Diagrama parábola-rectángulo:

Grado de la parábola, n	:	2.00
Deformación de rotura a compresión simple, ε_{c0}	:	0.00200
Deformación de rotura en flexión, ε_{cu}	:	0.00350
Deformación máxima en armadura traccionada, ε_s	:	-0.01000
Coefficiente de intensidad del bloque de compresión, k	:	1.00

Diagrama rectangular:

Coefficiente profundidad del bloque de compresión, λ	:	0.80
Coefficiente intensidad del bloque de compresión, η	:	1.00

Endurecimiento : Normal

Tipo de cemento para Alzado : CEM II/A-S (según RC-08).

2.3.2 Hormigón Zapata

Denominación: HA-25

Resistencia característica a compresión, f_{ck}	:	255 kg/cm ²
Resistencia media a compresión, f_{cm}	:	337 kg/cm ²
Resistencia característica a tracción, $f_{ct,k}$	:	-18 kg/cm ²
Resistencia media a tracción, $f_{ct,m}$	:	-26 kg/cm ²
Módulo elástico secante, E_{cm}	:	278016 kg/cm ²
Módulo elástico inicial (tangente), E_c	:	326669 kg/cm ²
Coefficiente de Poisson, ν	:	0.20
Peso específico, γ	:	2.55 t/m ³
Coefficiente del tipo de cemento, s	:	0.25
Coefficiente de la naturaleza del árido, α	:	1.0
Coefficiente de dilatación térmica, α	:	0.00001000 °C ⁻¹

Diagrama parábola-rectángulo:

Grado de la parábola, n	:	2.00
Deformación de rotura a compresión simple, ε_{c0}	:	0.00200
Deformación de rotura en flexión, ε_{cu}	:	0.00350
Deformación máxima en armadura traccionada, ε_s	:	-0.01000
Coefficiente de intensidad del bloque de compresión, k	:	1.00

Diagrama rectangular:

Coefficiente profundidad del bloque de compresión, λ	:	0.80
Coefficiente intensidad del bloque de compresión, η	:	1.00

Endurecimiento : Normal

Tipo de cemento para Zapata : CEM II/A-S (según RC-08).

2.3.3 Hormigón Capa de nivelación

Denominación: HM-10

Resistencia característica a compresión, f_{ck}	:	102 kg/cm ²
---	---	------------------------

Tipo de cemento para Capa de nivelación : CEM I (según RC-08).

2.3.4 Acero de la armadura pasiva Alzado

Denominación: AP500 S

Límite elástico característico, f_{yk}	:	5099 kg/cm ²
Tensión unitaria de rotura, f_s	:	5608 kg/cm ²
Módulo de deformación longitudinal del acero, E_s	:	2039432 kg/cm ²
Deformación última en compresión, $\varepsilon_{max,1}$	:	0.010000
Deformación última en tracción, $\varepsilon_{max,2}$	:	-0.010000
Densidad del acero, γ	:	7.85 t/m ³

Coefficientes de seguridad:

ELServicio, γ_s	:	1.00
------------------------	---	------

ELU, situación persistente, γ_s	:	1.15
ELU, situación accidental, γ_s	:	1.00

2.3.5 Acero de la armadura pasiva Zapata

Denominación: AP500 S

Límite elástico característico, f_{yk}	:	5099	kg/cm ²
Tensión unitaria de rotura, f_s	:	5608	kg/cm ²
Módulo de deformación longitudinal del acero, E_s	:	2039432	kg/cm ²
Deformación última en compresión, $\epsilon_{max,1}$	:	0.010000	
Deformación última en tracción, $\epsilon_{max,2}$	:	-0.010000	
Densidad del acero, γ	:	7.85	t/m ³

Coefficientes de seguridad:

ELServicio, γ_s	:	1.00
ELU, situación persistente, γ_s	:	1.15
ELU, situación accidental, γ_s	:	1.00

2.4 Recubrimientos geométricos

Alzado	:	4.0	cm
Zapata	:	4.0	cm

2.5 Fisuración

Alzado

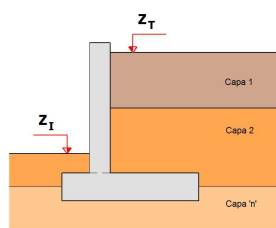
Clase de exposición: IIa	
Anchura de fisura admisible	: 0.30 mm

Zapata

Clase de exposición: IIa	
Anchura de fisura admisible	: 0.30 mm

2.6 Terreno

Definición de las cotas del terreno



Junta	Cota terreno en puntera Z_1 (m)	Cota terreno trasdós Z_T (m)
1	0.300	1.700
2	0.300	1.700

Definición de parámetros geotécnicos de las capas del terreno

Capa	Nombre	Tipo	Cota inferior (m)	Densidad natural (t/m ³)	Densidad saturada (t/m ³)
1	Granular	Granular	0.050	2.10	0.00
2	Cimentación	Cohesivo	-10000.000	1.90	0.00

Capa	Nombre	Tipo	Ángulo de rozamiento (°)	Cohesión (t/m ²)	Presión de hundimiento (t/m ²)
1	Granunlar	Granular	40.0	0.00	0.00
2	Cimentacion	Cohesivo	0.0	3.70	20.00

Definición de los parámetros contacto hormigón-terreno

Capa	Nombre	Áng. roz. zapata-terreno (°)	Adherencia (t/m ²)	Áng. roz. alzado-terreno (°)
1	Granunlar	0.0	0.00	0.0
2	Cimentacion	0.0	0.00	0.0

2.7 Acciones

2.7.1 Acciones permanentes

Empuje de tierras :

En el trasdós del muro se aplica el empuje activo.

No se considera la componente vertical del empuje activo en el contacto terreno-terreno.

Se considera el empuje pasivo en la puntera actuando desde la superficie del terreno.

Coefficiente reductor del empuje pasivo : 0.300

2.7.2 Acciones accidentales

Sismo :

Definición del sismo

Definición de la acción sísmica :

Tipo de sismo : Sismo último de cálculo

Aceleración básica, a_b : 0.040 m/s²

Factor de importancia, γ_I : 1.000

Periodo de retorno : 500 años

Coefficiente C del terreno : 1.600

Aceleración de cálculo : 0.051 m/s²

Parámetros sísmicos del empuje de tierras

Coefficiente sísmico horizontal :

$$K_h = a_c / r \cdot g$$

r : 1.000

Coefficiente sísmico vertical :

$$K_v = K_h / \beta$$

β : 2.000

Empujes sísmicos sobre estructuras de contención de tierras :

El agua intersticial vibra conjuntamente con el esqueleto sólido del suelo.

Combinaciones de sismo :

$$SI_1 = 1.0 \cdot SI_H + 0.3 \cdot SI_V$$

$$SI_2 = 0.3 \cdot SI_H + 1.0 \cdot SI_V$$

2.8 Coeficientes de seguridad

2.8.1 Coeficientes de mayoración de las acciones, γ_F

ESTADOS LÍMITE ESTRUCTURALES						
	Estado límite de Servicio		Estado límite Último			
	Coeficiente favorable	Coeficiente desfavorable	Situación Persistente		Situación Accidental	
			Coeficiente favorable	Coeficiente desfavorable	Coeficiente favorable	Coeficiente desfavorable
Peso propio muro	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Peso tierras trasdós	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Peso tierras puntera	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Empuje activo trasdós	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00
Empuje pasivo puntera	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00
Sobrecarga permanente trasdós. Empuje	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00
Sobrecarga permanente trasdós. Acción vertical	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Carga permanente en coronación	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Carga permanente en faja. Empuje	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Carga permanente en faja. Acción vertical	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Sobrecarga de tráfico. Empuje	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00
Sobrecarga de tráfico. Acción vertical	0.00	1.00	0.00	1.35	0.00	1.00
Carga de tráfico en coronación	0.00	1.00	0.00	1.35	0.00	1.00
Viento	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00
Nivel freático	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00
Sismo	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
Impacto	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00

ESTADOS LÍMITE GEOTÉCNICOS				
	Estado límite Último			
	Situación Persistente		Situación Accidental	
	Coeficiente favorable	Coeficiente desfavorable	Coeficiente favorable	Coeficiente desfavorable
Peso propio muro	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso tierras trasdós	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso tierras puntera	1.00	1.00	1.00	1.00
Empuje activo trasdós	1.00	1.00	1.00	1.00
Empuje pasivo puntera	1.00	1.00	1.00	1.00
Sobrecarga permanente trasdós. Empuje	1.00	1.00	1.00	1.00
Sobrecarga permanente trasdós. Acción vertical	1.00	1.00	1.00	1.00
Carga permanente en coronación	1.00	1.00	1.00	1.00
Carga permanente en faja. Empuje	1.00	1.00	1.00	1.00
Carga permanente en faja. Acción vertical	1.00	1.00	1.00	1.00
Sobrecarga de tráfico. Empuje	0.00	1.00	0.00	1.00
Sobrecarga de tráfico. Acción vertical	0.00	1.00	0.00	1.00
Carga de tráfico en coronación	0.00	1.00	0.00	1.00
Viento	0.00	1.00	0.00	1.00
Nivel freático	0.00	1.00	0.00	1.00
Sismo	0.00	0.00	1.00	1.00
Impacto	0.00	0.00	1.00	1.00

2.8.2 Coeficientes de seguridad y combinación

Coeficientes de combinación

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga de tráfico	1.00	1.00	1.00
Viento	0.60	0.20	0.00
Nivel freático	1.00	1.00	1.00

Movimientos admisibles

Desplazamiento máximo horizontal en coronación, U_x : 20 mm

Factores de seguridad. EL geotécnico de Hundimiento

Situación persistente. Combinación característica	:	2.600
Situación persistente. Combinación cuasi permanente	:	3.000
Situación accidental. Combinación sísmica	:	2.200
Situación accidental. Combinación de impacto	:	2.200

Factores de seguridad. EL geotécnico de Deslizamiento

Situación persistente. Combinación característica	:	1.300
Situación persistente. Combinación cuasi permanente	:	1.500
Situación accidental. Combinación sísmica	:	1.100
Situación accidental. Combinación de impacto	:	1.100

Factores de seguridad. EL geotécnico de Vuelco rígido

Situación persistente. Combinación característica	:	1.800
Situación persistente. Combinación cuasi permanente	:	2.000
Situación accidental. Combinación sísmica	:	1.500
Situación accidental. Combinación de impacto	:	1.500

Factores de seguridad. EL geotécnico de Estabilidad global

Situación persistente. Combinación característica	:	1.300
Situación persistente. Combinación cuasi permanente	:	1.500
Situación accidental. Combinación sísmica	:	1.100
Situación accidental. Combinación de impacto	:	1.100

2.9 Configuración del cálculo

El cálculo de cada módulo se realiza considerando 1 sección transversal del muro.

Las verificaciones de deslizamiento, vuelco y estabilidad global se realizan en las secciones transversales definidas, obteniéndose a partir de ellas un coeficiente de seguridad global del módulo ponderando cada sección por su anchura contributiva.

Para la verificación del estado límite de hundimiento, el cálculo se realiza para cada sección transversal definida, adoptándose para la verificación la presión máxima de entre todas las secciones transversales.

Para la obtención de las armaduras de flexión, cortante y fisuración, se realiza el cálculo de las mismas en cada una de las secciones transversales definidas, adoptándose la armadura máxima de entre todas ellas.

Las secciones transversales consideradas en cada módulo son :

Sección transversal	s / L (tanto por uno)
1	0.500

s : Distancia de la sección transversal al inicio del módulo.

L : Longitud del módulo.

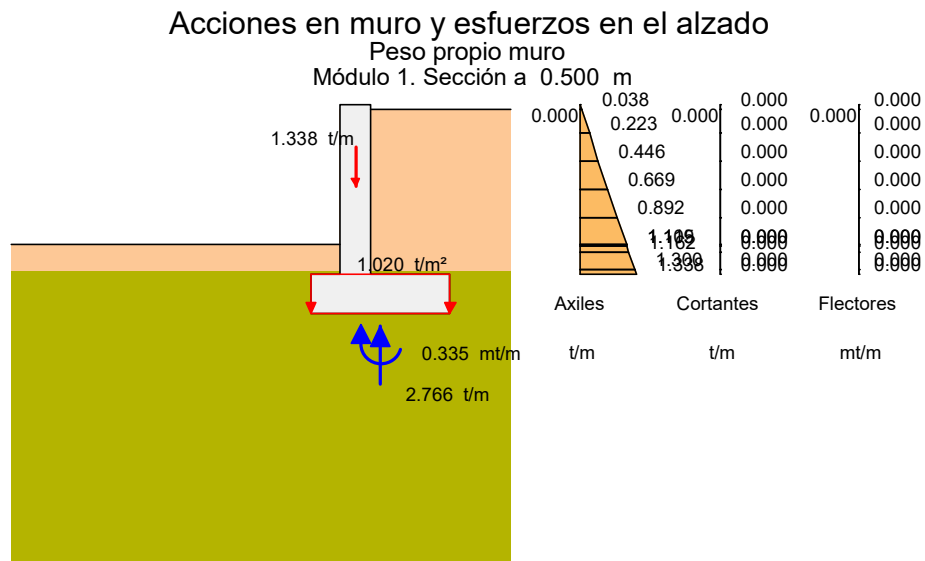
3 ESFUERZOS EN ALZADO Y ACCIONES EN ZAPATA

En este apartado se presentan los esfuerzos característicos (sin mayorar) correspondientes a cada acción. Así mismo, los parámetros geotécnicos utilizados corresponden también a los valores característicos.

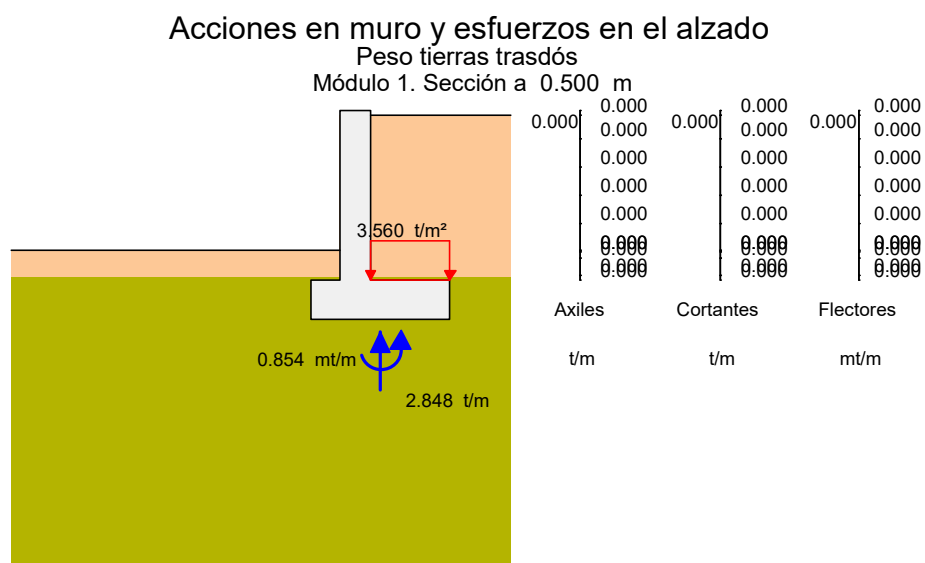
3.1 Módulo 1

3.1.1 Sección 1 (x = 0.500 m)

Peso propio muro



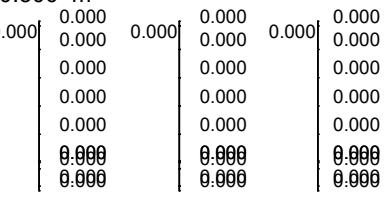
Peso tierras trasdós



Peso tierras puntera

Peso tierras puntera

Módulo 1. Sección a 0.500 m

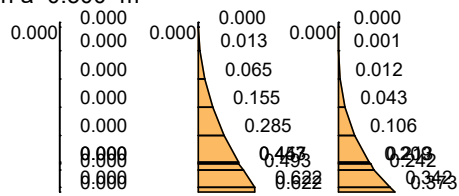

$$\begin{array}{ccc} t/m & t/m & mt/m \end{array}$$

Empuje activo de las tierras del trasdós

Empuje activo de las tierras del trasdós

Módulo 1. Sección a 0.500 m

Módulo 1. Sección a 0.500 m



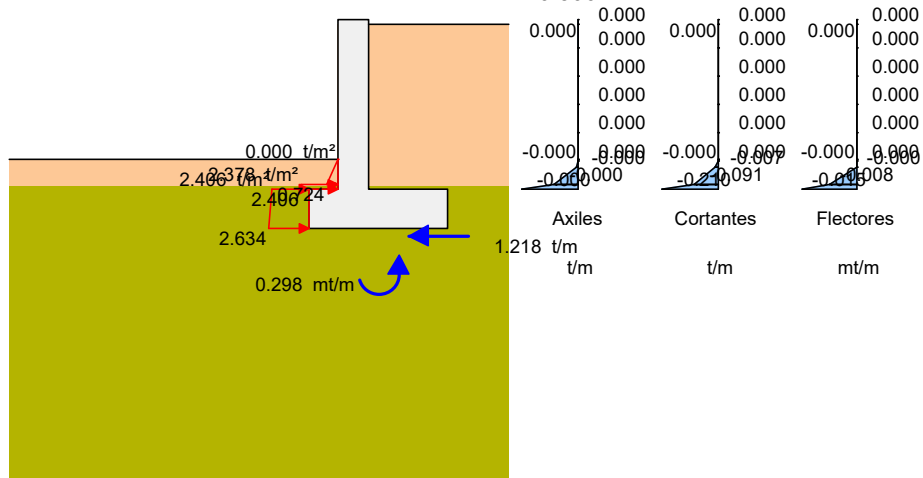
t/m	t/m	mt/m
-----	-----	------

Empuje pasivo de las tierras en puntera

Acciones en muro y esfuerzos en el alzado

Empuje pasivo de las tierras en puntera

Módulo 1. Sección a 0.500 m

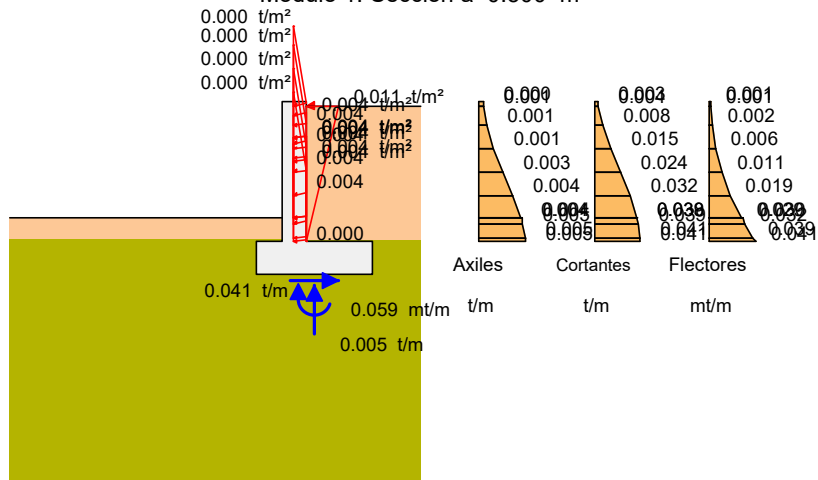


Sismo

Acciones en muro y esfuerzos en el alzado

Sismo. Combinación 1. Signo Kv positivo

Módulo 1. Sección a 0.500 m

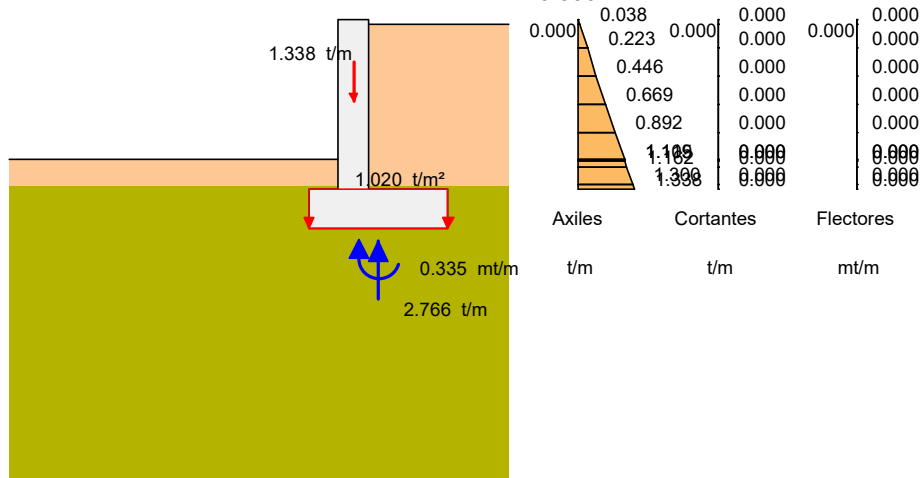


Sismo

Acciones en muro y esfuerzos en el alzado

Sismo. Combinación 1. Signo Kv positivo

Módulo 1. Sección a 0.500 m

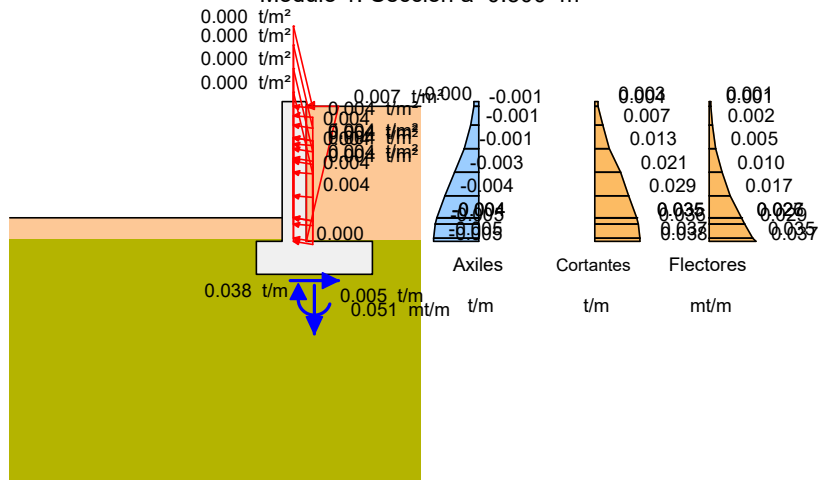


Sismo

Acciones en muro y esfuerzos en el alzado

Sismo. Combinación 1. Signo Kv negativo

Módulo 1. Sección a 0.500 m

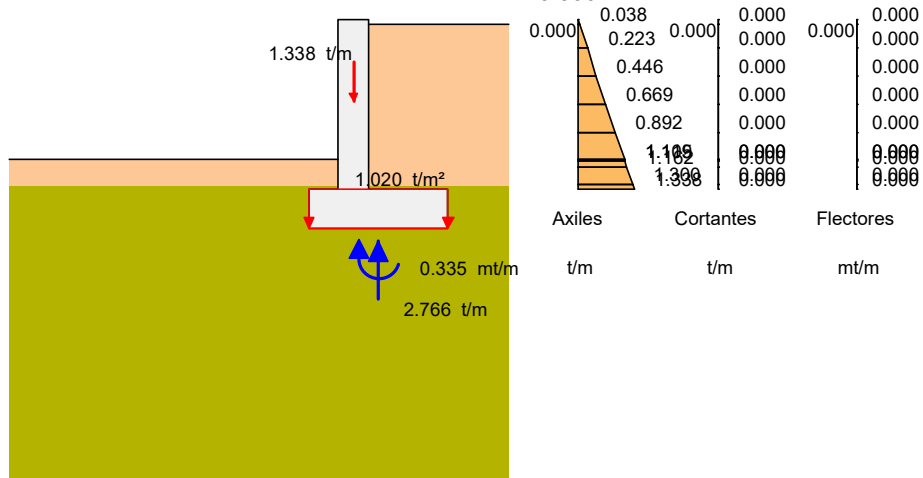


Sismo

Acciones en muro y esfuerzos en el alzado

Sismo. Combinación 1. Signo Kv negativo

Módulo 1. Sección a 0.500 m

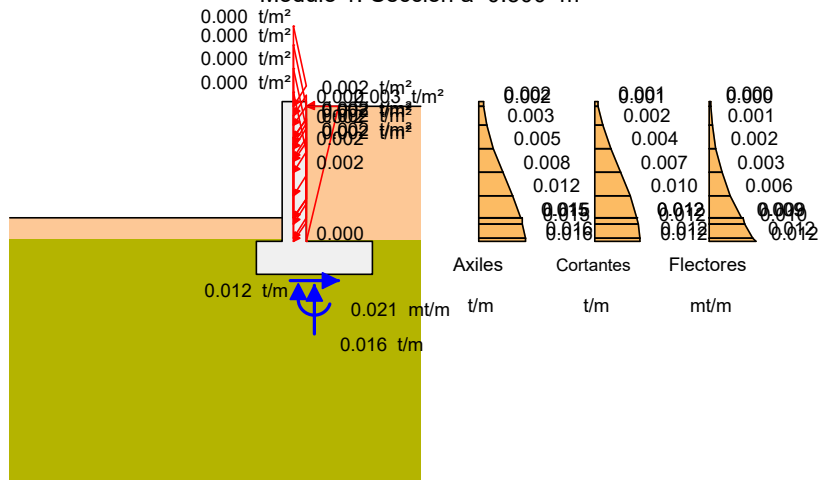


Sismo

Acciones en muro y esfuerzos en el alzado

Sismo. Combinación 2. Signo Kv positivo

Módulo 1. Sección a 0.500 m

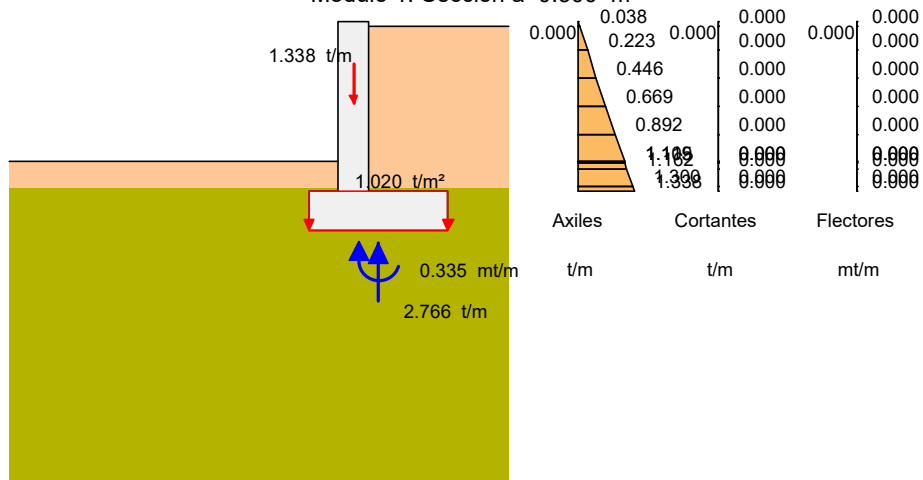


Sismo

Acciones en muro y esfuerzos en el alzado

Sismo. Combinación 2. Signo Kv positivo

Módulo 1. Sección a 0.500 m

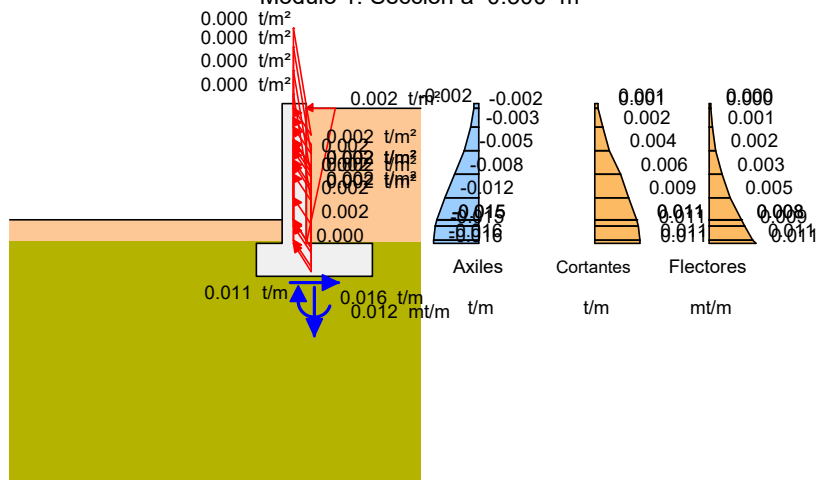


Sismo

Acciones en muro y esfuerzos en el alzado

Sismo. Combinación 2. Signo Kv negativo

Módulo 1. Sección a 0.500 m

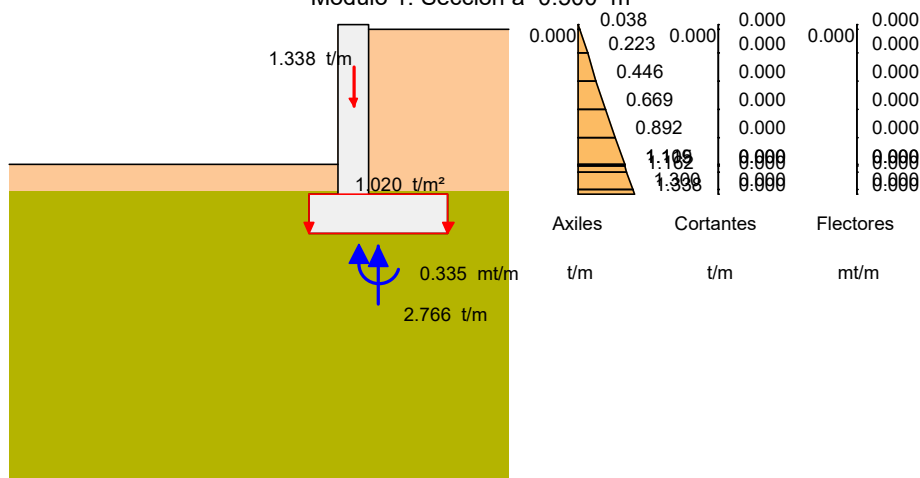


Sismo

Acciones en muro y esfuerzos en el alzado

Sismo. Combinación 2. Signo Kv negativo

Módulo 1. Sección a 0.500 m



4 ESTADO LÍMITE DE DESLIZAMIENTO

4.1 Módulo 1

4.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente

Acción	F normal (t)	F roz. (t)	F horiz. estab. (t)	F desest. (t)
Peso propio muro	2.8	0.0	0.0	0.0
Peso tierras trasdós	2.8	0.0	0.0	0.0
Peso tierras puntera	0.2	0.0	0.0	0.0
Empuje activo trasdós	0.0	0.0	0.0	0.6
Empuje pasivo puntera	-0.0	0.0	1.2	0.0
Sismo	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	5.8	0.0	1.2	0.6

Fuerza estabilizadora:

Fuerza de rozamiento	:	0.0 t
Fuerza horizontal estabilizadora	:	1.2 t
Adherencia	:	0.0 t
Total	:	1.2 t

Fuerza desestabilizadora : 0.6 t

Factor de seguridad : 1.960
Factor de seguridad admisible : 1.500

FS = 1.960 > FS_{admisible} = 1.500 -> **Cumple a deslizamiento.**

4.1.2 Situación persistente. Combinación característica

Acción	F normal (t)	F roz. (t)	F horiz. estab. (t)	F desest. (t)
Peso propio muro	2.8	0.0	0.0	0.0
Peso tierras trasdós	2.8	0.0	0.0	0.0
Peso tierras puntera	0.2	0.0	0.0	0.0
Empuje activo trasdós	0.0	0.0	0.0	0.6
Empuje pasivo puntera	-0.0	0.0	1.2	0.0
Sismo	0.0	0.0	0.0	0.0

Total	5.8	0.0	1.2	0.6
-------	-----	-----	-----	-----

Fuerza estabilizadora:

Fuerza de rozamiento	:	0.0 t
Fuerza horizontal estabilizadora	:	1.2 t
Adherencia	:	0.0 t
Total	:	1.2 t

Fuerza desestabilizadora : 0.6 t

Factor de seguridad : 1.960
Factor de seguridad admisible : 1.300

FS = 1.960 > FS_{admisible} = 1.300 -> **Cumple a deslizamiento.**

4.1.3 Situación accidental. Combinación sísmica

Acción	F normal (t)	F roz. (t)	F horiz. estab. (t)	F desest. (t)
Peso propio muro	2.8	0.0	0.0	0.0
Peso tierras trasdós	2.8	0.0	0.0	0.0
Peso tierras puntera	0.2	0.0	0.0	0.0
Empuje activo trasdós	0.0	0.0	0.0	0.6
Empuje pasivo puntera	-0.0	0.0	1.2	0.0
Sismo	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	5.8	0.0	1.2	0.7

Fuerza estabilizadora:

Fuerza de rozamiento	:	0.0 t
Fuerza horizontal estabilizadora	:	1.2 t
Adherencia	:	0.0 t
Total	:	1.2 t

Fuerza desestabilizadora : 0.7 t

Factor de seguridad : 1.826
Factor de seguridad admisible : 1.100

FS = 1.826 > FS_{admisible} = 1.100 -> **Cumple a deslizamiento.**

4.2 Resumen de verificaciones

Módulo 1. Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación persistente. Combinación característica. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación accidental. Combinación sísmica. Verifica la comprobación

5 ESTADO LÍMITE DE VUELCO

5.1 Módulo 1

5.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente

Acción	M estab. (mt)	M desest. (mt)
Peso propio muro	1.6	0.0
Peso tierras trasdós	2.8	0.0
Peso tierras puntera	0.0	0.0

Empuje activo trasdós	0.0	0.6
Empuje pasivo puntera	0.3	0.0
Sismo	0.0	0.0
Total	4.8	0.6

Momento estabilizador	:	4.8 mt
Momento desestabilizador	:	0.6 mt

Factor de seguridad	:	7.682
Factor de seguridad admisible	:	2.000

FS = 7.682 > FSadm = 2.000 -> **Cumple a vuelco.**

5.1.2 Situación persistente. Combinación característica

Acción	M estab. (mt)	M desest. (mt)
Peso propio muro	1.6	0.0
Peso tierras trasdós	2.8	0.0
Peso tierras puntera	0.0	0.0
Empuje activo trasdós	0.0	0.6
Empuje pasivo puntera	0.3	0.0
Sismo	0.0	0.0
Total	4.8	0.6

Momento estabilizador	:	4.8 mt
Momento desestabilizador	:	0.6 mt

Factor de seguridad	:	7.682
Factor de seguridad admisible	:	1.800

FS = 7.682 > FSadm = 1.800 -> **Cumple a vuelco.**

5.1.3 Situación accidental. Combinación sísmica

Acción	M estab. (mt)	M desest. (mt)
Peso propio muro	1.6	0.0
Peso tierras trasdós	2.8	0.0
Peso tierras puntera	0.0	0.0
Empuje activo trasdós	0.0	0.6
Empuje pasivo puntera	0.3	0.0
Sismo	0.0	0.0
Total	4.8	0.7

Momento estabilizador	:	4.8 mt
Momento desestabilizador	:	0.7 mt

Factor de seguridad	:	7.129
Factor de seguridad admisible	:	1.500

FS = 7.129 > FSadm = 1.500 -> **Cumple a vuelco.**

5.2 Resumen de verificaciones

Módulo 1. Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación persistente. Combinación característica. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación accidental. Combinación sísmica. Verifica la comprobación

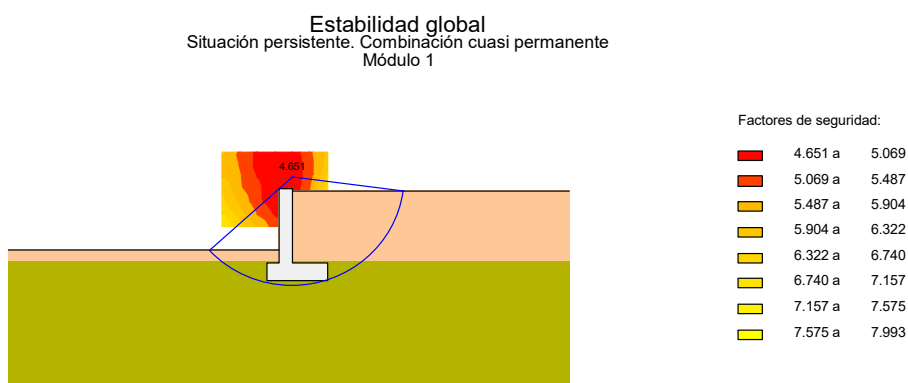
6 ESTADO LÍMITE DE ESTABILIDAD GLOBAL

El cálculo a estabilidad global se realiza con el método aproximado de Fellenius, considerando únicamente superficies de rotura circulares y con distribuciones de presiones intersticiales hidrostáticas (con variación lineal entre la zarpa delantera y la trasera).

El proyectista deberá valorar la verificación de la estabilidad global con métodos más precisos en función de la geometría, la estratificación y el flujo de agua.

6.1 Módulo 1

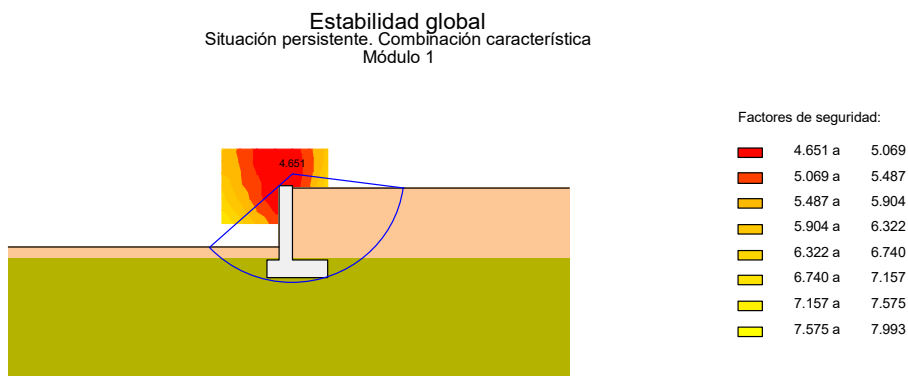
6.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente



Factor de seguridad : 4.651
Factor de seguridad admisible : 1.500

$FS = 4.651 > FS_{adm} = 1.500 \rightarrow$ **Cumple a estabilidad global.**

6.1.2 Situación persistente. Combinación característica

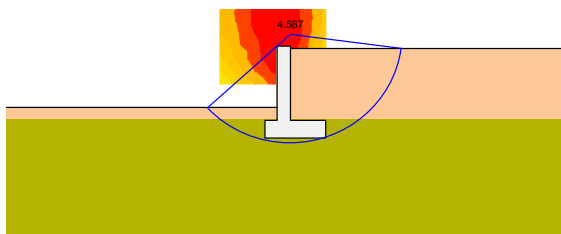


Factor de seguridad : 4.651
Factor de seguridad admisible : 1.300

$FS = 4.651 > FS_{adm} = 1.300 \rightarrow$ **Cumple a estabilidad global.**

6.1.3 Situación accidental. Combinación sísmica

Estabilidad global
Situación accidental. Combinación sísmica
Módulo 1



Factores de seguridad:

	4.587 a	4.998
	4.998 a	5.409
	5.409 a	5.820
	5.820 a	6.230
	6.230 a	6.641
	6.641 a	7.052
	7.052 a	7.463
	7.463 a	7.874

Factor de seguridad : 4.587
Factor de seguridad admisible : 1.100

FS = 4.587 > FSadm = 1.100 -> **Cumple a estabilidad global.**

6.2 Resumen de verificaciones

Módulo 1. Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación persistente. Combinación característica. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación accidental. Combinación sísmica. Verifica la comprobación

7 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE HUNDIMIENTO DEL TERRENO

Para el cálculo de las presiones en el terreno se ha considerado una ley de distribución uniforme (método de la zapata equivalente).

7.1 Módulo 1

7.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente

Esfuerzos en la base de la zapata:

Sección	Resultante en la base de la zapata		
	N	H	M
x (m)	(t/m)	(t/m)	(mt/m)
0.500	5.800	-0.597	-0.094

N: Resultante de las fuerzas verticales en el centro de la base de la zapata.

H: Resultante de las fuerzas horizontales en el centro de la base de la zapata.

M: Momento resultante respecto al centro de la base de la zapata.

Los esfuerzos N, H, M corresponden a la hipótesis que genera la presión máxima en el terreno.

Distribución de presiones:

Sección	Distribución de presión máxima			
	σ_1	σ_2	b	Tipo
x				

(m)	(t/m ²)	(t/m ²)	(m)	
0.500	4.241	4.241	1.368	Uniforme

Comprobación a hundimiento:

Presión máxima	:	4.241 t/m ²
Presión de hundimiento	:	20.000 t/m ²
Factor de seguridad mínimo	:	4.716
Factor de seguridad admisible	:	3.000

FS = 4.716 > FSadm = 3.000 -> **Cumple a hundimiento.**

7.1.2 Situación persistente. Combinación característica

Esfuerzos en la base de la zapata:

Sección	Resultante en la base de la zapata		
x	N	H	M
(m)	(t/m)	(t/m)	(mt/m)
0.500	5.800	-0.597	-0.094

N: Resultante de las fuerzas verticales en el centro de la base de la zapata.

H: Resultante de las fuerzas horizontales en el centro de la base de la zapata.

M: Momento resultante respecto al centro de la base de la zapata.

Los esfuerzos N, H, M corresponden a la hipótesis que genera la presión máxima en el terreno.

Distribución de presiones:

Sección	Distribución de presión máxima			
x	σ_1	σ_2	b	Tipo
(m)	(t/m ²)	(t/m ²)	(m)	
0.500	4.241	4.241	1.368	Uniforme

Comprobación a hundimiento:

Presión máxima	:	4.241 t/m ²
Presión de hundimiento	:	20.000 t/m ²
Factor de seguridad mínimo	:	4.716
Factor de seguridad admisible	:	2.600

FS = 4.716 > FSadm = 2.600 -> **Cumple a hundimiento.**

7.1.3 Situación accidental. Combinación sísmica

Esfuerzos en la base de la zapata:

Sección	Resultante en la base de la zapata		
x	N	H	M
(m)	(t/m)	(t/m)	(mt/m)
0.500	5.815	-0.583	-0.079

N: Resultante de las fuerzas verticales en el centro de la base de la zapata.

H: Resultante de las fuerzas horizontales en el centro de la base de la zapata.

M: Momento resultante respecto al centro de la base de la zapata.

Los esfuerzos N, H, M corresponden a la hipótesis que genera la presión máxima en el terreno.

Distribución de presiones:

Sección	Distribución de presión máxima			
x	σ_1	σ_2	b	Tipo
(m)	(t/m ²)	(t/m ²)	(m)	
0.500	4.236	4.236	1.373	Uniforme

Comprobación a hundimiento:

Presión máxima	:	4.236 t/m ²
Presión de hundimiento	:	20.000 t/m ²
Factor de seguridad mínimo	:	4.721
Factor de seguridad admisible	:	2.200

FS = 4.721 > FSadm = 2.200 -> **Cumple a hundimiento.**

7.2 Resumen de verificaciones

Módulo 1. Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación persistente. Combinación característica. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación accidental. Combinación sísmica. Verifica la comprobación

8 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE ROTURA POR FLEXIÓN

8.1 Módulo 1

8.1.1 Alzado

8.1.1.1 Situación persistente. Combinación fundamental

Sección 1 (x = 0.500 m)

Altura sobre zapata (m)	Envolvente de esfuerzos			
	Axiles		Flectores	
	N _d max ⁺ (t/m)	N _d max ⁻ (t/m)	M _d max ⁺ (mt/m)	M _d max ⁻ (mt/m)
1.750	0.0	0.0	0.0	0.0
1.700	0.1	0.0	0.0	-0.0
1.458	0.3	0.2	0.0	0.0
1.167	0.6	0.4	0.0	0.0
0.875	0.9	0.7	0.1	0.0
0.583	1.2	0.9	0.2	0.1
0.300	1.5	1.1	0.3	0.2
0.292	1.5	1.1	0.3	0.2
0.230	1.6	1.2	0.4	0.2
0.050	1.8	1.3	0.5	0.3
0.000	1.8	1.3	0.5	0.4

Altura sobre zapata (m)	Armadura vertical interior (lado tierras)				
	Esfuerzos armadura máxima		Armadura interior		
	N _d (t/m)	M _d (mt/m)	A _s cálculo (cm ² /m)	A _s mecánica (cm ² /m)	A _s geométrica (cm ² /m)
1.750	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1.700	0.1	0.0	0.0	0.0	0.8
1.458	0.3	0.0	0.0	0.0	0.8
1.167	0.6	0.0	0.0	0.0	0.8
0.875	0.9	0.0	0.0	0.0	0.8
0.583	0.9	0.2	0.0	5.0	2.7
0.300	1.1	0.3	0.1	5.0	2.7
0.292	1.1	0.3	0.1	5.0	2.7

0.230	1.2	0.4	0.2	5.0	2.7
0.050	1.3	0.5	0.3	5.0	2.7
0.000	1.3	0.5	0.3	5.0	2.7

Armadura vertical exterior (lado visto)					
Altura sobre zapata (m)	Esfuerzos armadura máxima		Armadura exterior		
	N _d (t/m)	M _d (mt/m)	A _s cálculo (cm ² /m)	A _s mecánica (cm ² /m)	A _s geométrica (cm ² /m)
1.750	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1.700	0.1	0.0	0.0	0.0	0.8
1.458	0.3	0.0	0.0	0.0	0.8
1.167	0.6	0.0	0.0	0.0	0.8
0.875	0.9	0.0	0.0	0.0	0.8
0.583	1.2	0.1	0.0	0.0	0.8
0.300	1.5	0.2	0.0	0.0	0.8
0.292	1.5	0.2	0.0	0.0	0.8
0.230	1.6	0.2	0.0	0.0	0.8
0.050	1.8	0.3	0.0	0.0	0.8
0.000	1.8	0.4	0.0	0.0	0.8

8.1.1.2 Situación accidental. Combinación sísmica

Sección 1 (x = 0.500 m)

Altura sobre zapata (m)	Envolvente de esfuerzos			
	Axiles		Flectores	
	N _d max ⁺ (t/m)	N _d max ⁻ (t/m)	M _d max ⁺ (mt/m)	M _d max ⁻ (mt/m)
1.750	0.0	-0.0	0.0	0.0
1.700	0.0	0.0	0.0	0.0
1.458	0.2	0.2	0.0	0.0
1.167	0.5	0.4	0.0	0.0
0.875	0.7	0.7	0.1	0.0
0.583	0.9	0.9	0.1	0.1
0.300	1.1	1.1	0.2	0.2
0.292	1.1	1.1	0.2	0.2
0.230	1.2	1.1	0.3	0.3
0.050	1.3	1.3	0.4	0.3
0.000	1.4	1.3	0.4	0.4

Armadura vertical interior (lado tierras)					
Altura sobre zapata (m)	Esfuerzos armadura máxima		Armadura interior		
	N _d (t/m)	M _d (mt/m)	A _s cálculo (cm ² /m)	A _s mecánica (cm ² /m)	A _s geométrica (cm ² /m)
1.750	-0.0	0.0	0.0	4.3	2.7
1.700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1.458	0.2	0.0	0.0	0.0	0.8
1.167	0.4	0.0	0.0	0.0	0.8
0.875	0.7	0.1	0.0	0.0	0.8
0.583	0.9	0.1	0.0	0.0	0.8
0.300	1.1	0.2	0.1	4.4	2.7
0.292	1.1	0.2	0.1	4.4	2.7
0.230	1.2	0.3	0.1	4.4	2.7
0.050	1.3	0.4	0.2	4.4	2.7
0.000	1.3	0.4	0.2	4.4	2.7

Armadura vertical exterior (lado visto)					
Altura sobre zapata (m)	Esfuerzos armadura máxima		Armadura exterior		
	N _d (t/m)	M _d (mt/m)	A _s cálculo (cm ² /m)	A _s mecánica (cm ² /m)	A _s geométrica (cm ² /m)
1.750	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8

1.700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
1.458	0.2	0.0	0.0	0.0	0.8
1.167	0.4	0.0	0.0	0.0	0.8
0.875	0.7	0.1	0.0	0.0	0.8
0.583	0.9	0.1	0.0	0.0	0.8
0.300	1.1	0.2	0.0	0.0	0.8
0.292	1.1	0.2	0.0	0.0	0.8
0.230	1.2	0.3	0.0	0.0	0.8
0.050	1.3	0.4	0.0	0.0	0.8
0.000	1.3	0.4	0.0	0.0	0.8

8.1.1.3 Envoltente de armaduras

Altura sobre zapata (m)	Armadura interior (cm ² /m)	Armadura exterior (cm ² /m)
1.750	4.3	0.8
1.700	0.8	0.8
1.458	0.8	0.8
1.167	0.8	0.8
0.875	0.8	0.8
0.583	5.0	0.8
0.300	5.0	0.8
0.292	5.0	0.8
0.230	5.0	0.8
0.050	5.0	0.8
0.000	5.0	0.8

8.1.2 Zapata

8.1.2.1 Situación persistente. Combinación fundamental

Sección 1 (x = 0.500 m)

Distancia a puntera (m)	Zarpa	Armadura inferior			
		M _d max ⁺ (mt/m)	A _s cálculo (cm ² /m)	A _s mecánica (cm ² /m)	A _s geométrica (cm ² /m)
0.069	Delantera	0.0	0.0	0.0	3.6
0.138	Delantera	0.0	0.0	0.0	3.6
0.207	Delantera	0.1	0.1	0.1	3.6
0.276	Delantera	0.1	0.1	0.1	3.6
0.345	Delantera	0.2	0.1	0.2	3.6
0.555	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6
0.724	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6
0.893	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6
1.062	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6
1.231	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6

Distancia a puntera (m)	Zarpa	Armadura superior			
		M _d max ⁻ (mt/m)	A _s cálculo (cm ² /m)	A _s mecánica (cm ² /m)	A _s geométrica (cm ² /m)
0.069	Delantera	-0.0	0.0	0.0	3.6
0.138	Delantera	-0.0	0.0	0.0	3.6
0.207	Delantera	-0.0	0.0	0.0	3.6
0.276	Delantera	-0.0	0.0	0.0	3.6
0.345	Delantera	-0.0	0.0	0.0	3.6
0.555	Trasera	-0.3	0.2	0.4	3.6
0.724	Trasera	-0.3	0.2	0.3	3.6
0.893	Trasera	-0.2	0.1	0.2	3.6
1.062	Trasera	-0.1	0.1	0.1	3.6
1.231	Trasera	-0.1	0.0	0.1	3.6

8.1.2.2 Situación accidental. Combinación sísmica

Sección 1 (x = 0.500 m)

Distancia a puntera (m)	Zarpa	Armadura inferior			
		Md max ⁺ (mt/m)	As cálculo (cm ² /m)	As mecánica (cm ² /m)	As geométrica (cm ² /m)
0.069	Delantera	0.0	0.0	0.0	3.6
0.138	Delantera	0.0	0.0	0.0	3.6
0.207	Delantera	0.0	0.0	0.0	3.6
0.276	Delantera	0.1	0.0	0.1	3.6
0.345	Delantera	0.1	0.1	0.1	3.6
0.555	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6
0.724	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6
0.893	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6
1.062	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6
1.231	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6

Distancia a puntera (m)	Zarpa	Armadura superior			
		Md max ⁻ (mt/m)	As cálculo (cm ² /m)	As mecánica (cm ² /m)	As geométrica (cm ² /m)
0.069	Delantera	-0.0	0.0	0.0	3.6
0.138	Delantera	0.0	0.0	0.0	0.0
0.207	Delantera	0.0	0.0	0.0	0.0
0.276	Delantera	0.0	0.0	0.0	0.0
0.345	Delantera	0.0	0.0	0.0	0.0
0.555	Trasera	-0.1	0.1	0.1	3.6
0.724	Trasera	-0.1	0.1	0.1	3.6
0.893	Trasera	-0.1	0.0	0.0	3.6
1.062	Trasera	-0.0	0.0	0.0	3.6
1.231	Trasera	-0.0	0.0	0.0	3.6

8.1.2.3 Envolvente de armaduras

Distancia a puntera (m)	Zarpa	Armadura inferior (cm ² /m)	Armadura superior (cm ² /m)
0.069	Delantera	3.6	3.6
0.138	Delantera	3.6	3.6
0.207	Delantera	3.6	3.6
0.276	Delantera	3.6	3.6
0.345	Delantera	3.6	3.6
0.555	Trasera	3.6	3.6
0.724	Trasera	3.6	3.6
0.893	Trasera	3.6	3.6
1.062	Trasera	3.6	3.6
1.231	Trasera	3.6	3.6

8.2 Resumen de verificaciones

Módulo 1. Situación persistente. Combinación fundamental. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación accidental. Combinación sísmica. Verifica la comprobación

9 ESTADO LÍMITE DE FISURACIÓN

M_k: Flector máximo. Situación persistente. Combinación cuasi permanente.

N_k: Axil concomitante. Situación persistente. Combinación cuasi permanente.

w_k: Abertura de fisura.

w_{adm} : Abertura de fisura admisible.

9.1 Módulo 1

9.1.1 Alzado

9.1.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente

Armadura vertical interior del alzado. Posición J.

Altura sobre zapata (m)	Armadura	N_k (t/m)	M_k (mt/m)	W_k (mm)	W_{adm} (mm)
1.750	Ø12/0.200 m	0.000	0.000	0.00	0.30
1.700	Ø12/0.200 m	0.038	0.000	0.00	0.30
1.458	Ø12/0.200 m	0.223	0.001	0.00	0.30
1.167	Ø12/0.200 m	0.446	0.012	0.00	0.30
0.875	Ø12/0.200 m	0.669	0.043	0.00	0.30
0.583	Ø12/0.200 m	0.892	0.106	0.00	0.30
0.300	Ø12/0.200 m	1.109	0.209	0.00	0.30
0.292	Ø12/0.200 m	1.115	0.213	0.00	0.30
0.230	Ø12/0.200 m	1.162	0.242	0.01	0.30
0.050	Ø12/0.200 m	1.300	0.334	0.01	0.30
0.000	Ø12/0.200 m	1.338	0.358	0.01	0.30

Armadura vertical exterior del alzado. Posición M.

Altura sobre zapata (m)	Armadura	N_k (t/m)	M_k (mt/m)	W_k (mm)	W_{adm} (mm)
1.750	Ø10/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
1.700	Ø10/0.300 m	0.038	0.000	0.00	0.30
1.458	Ø10/0.300 m	0.223	0.001	0.00	0.30
1.167	Ø10/0.300 m	0.446	0.012	0.00	0.30
0.875	Ø10/0.300 m	0.669	0.043	0.00	0.30
0.583	Ø10/0.300 m	0.892	0.106	0.00	0.30
0.300	Ø10/0.300 m	1.109	0.209	0.00	0.30
0.292	Ø10/0.300 m	1.115	0.213	0.00	0.30
0.230	Ø10/0.300 m	1.162	0.242	0.00	0.30
0.050	Ø10/0.300 m	1.300	0.334	0.00	0.30
0.000	Ø10/0.300 m	1.338	0.358	0.00	0.30

9.1.2 Zapata

9.1.2.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente

Armadura transversal inferior de la zapata. Posición B.

Distancia a puntera (m)	Zarpa	Armadura	N_k (t/m)	M_k (mt/m)	W_k (mm)	W_{adm} (mm)
0.069	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
0.138	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.008	0.00	0.30
0.207	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.030	0.00	0.30
0.276	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.064	0.00	0.30
0.345	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.110	0.01	0.30
0.555	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
0.724	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
0.893	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
1.062	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
1.231	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30

Armadura transversal superior de la zapata. Posición E.

Distancia a puntera (m)	Zarpa	Armadura	N _k (t/m)	M _k (mt/m)	W _k (mm)	W _{adm} (mm)
0.069	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	-0.001	0.00	0.30
0.138	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
0.207	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
0.276	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
0.345	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
0.555	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	-0.117	0.01	0.30
0.724	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	-0.077	0.01	0.30
0.893	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	-0.044	0.00	0.30
1.062	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	-0.019	0.00	0.30
1.231	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	-0.005	0.00	0.30

9.2 Resumen de verificaciones

Módulo 1. Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Verifica la comprobación

10 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE ROTURA POR CORTANTE

10.1 Módulo 1

10.1.1 Alzado

10.1.1.1 Situación persistente. Combinación fundamental

Sección 1 (x = 0.500 m)

Altura sobre zapata (m)	Envolvente de esfuerzos						
	Axiles		Cortantes		Esfuerzos armadura máxima		
	N _d max ⁺ (t/m)	N _d max ⁻ (t/m)	V _d max ⁺ (t/m)	V _d max ⁻ (t/m)	N _d (t/m)	V _d (t/m)	M _d (mt/m)
1.750	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.700	0.1	0.0	0.0	-0.0	0.1	0.0	0.0
1.458	0.3	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
1.167	0.6	0.4	0.1	0.1	0.4	0.1	0.0
0.875	0.9	0.7	0.2	0.2	0.7	0.2	0.1
0.583	1.2	0.9	0.4	0.3	0.9	0.4	0.2
0.300	1.5	1.1	0.7	0.4	1.1	0.7	0.3
0.292	1.5	1.1	0.7	0.5	1.1	0.7	0.3
0.230	1.6	1.2	0.7	0.5	1.2	0.7	0.4
0.050	1.8	1.3	0.8	0.5	1.3	0.8	0.5
0.000	1.8	1.3	0.7	0.3	1.3	0.7	0.5

Altura sobre zapata (m)	Verificación por agotamiento de las bielas de compresión			
	V _d (t/m)	V _{u1} (t/m)	V _d / V _{u1}	Observaciones
1.750	0.0			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.700	0.0			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.458	0.0			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.167	0.1			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.875	0.2			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del

0.583	0.4	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.300	0.7	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.292	0.7	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.230	0.7	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.050	0.8	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.000	0.7	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma

Altura sobre zapata (m)	Armadura de cortante						
	V _d (t/m)	V _{cu} (t/m)	V _{su} (t/m)	V _{u2} (t/m)	A _t (cm ² /m ²)	A _{t min} (cm ² /m ²)	S _{max long} (m)
1.750	0.0			24.3	0.0	0.0	
1.700	0.0			24.3	0.0	0.0	
1.458	0.0			24.4	0.0	0.0	
1.167	0.1			24.5	0.0	0.0	
0.875	0.2			24.5	0.0	0.0	
0.583	0.4			24.6	0.0	0.0	
0.300	0.7			24.7	0.0	0.0	
0.292	0.7			24.7	0.0	0.0	
0.230	0.7			24.7	0.0	0.0	
0.050	0.8			24.7	0.0	0.0	
0.000	0.7			24.8	0.0	0.0	

10.1.1.2 Situación accidental. Combinación sísmica

Sección 1 (x = 0.500 m)

Altura sobre zapata (m)	Envolvente de esfuerzos						
	Axiles		Cortantes		Esfuerzos armadura máxima		
	N _{d max} ⁺ (t/m)	N _{d max} ⁻ (t/m)	V _{d max} ⁺ (t/m)	V _{d max} ⁻ (t/m)	N _d (t/m)	V _d (t/m)	M _d (mt/m)
1.750	0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0
1.700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.458	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
1.167	0.5	0.4	0.1	0.1	0.4	0.1	0.0
0.875	0.7	0.7	0.2	0.2	0.7	0.2	0.1
0.583	0.9	0.9	0.3	0.3	0.9	0.3	0.1
0.300	1.1	1.1	0.5	0.5	1.1	0.5	0.2
0.292	1.1	1.1	0.5	0.5	1.1	0.5	0.2
0.230	1.2	1.1	0.5	0.5	1.2	0.5	0.3
0.050	1.3	1.3	0.6	0.5	1.3	0.6	0.4
0.000	1.4	1.3	0.5	0.4	1.3	0.5	0.4

Altura sobre zapata (m)	Verificación por agotamiento de las bielas de compresión			
	V _d (t/m)	V _{u1} (t/m)	V _d / V _{u1}	Observaciones
1.750	0.0			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.700	0.0			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.458	0.0			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.167	0.1			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.875	0.2			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del

0.583	0.3	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.300	0.5	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.292	0.5	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.230	0.5	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.050	0.6	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.000	0.5	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma

Altura sobre zapata (m)	Armadura de cortante							S _{max} long (m)	S _{max} trans (m)
	V _d (t/m)	V _{cu} (t/m)	V _{su} (t/m)	V _{u2} (t/m)	A _t (cm ² /m ²)	A _t min (cm ² /m ²)			
1.750	0.0			28.1	0.0	0.0			
1.700	0.0			28.1	0.0	0.0			
1.458	0.0			28.1	0.0	0.0			
1.167	0.1			28.2	0.0	0.0			
0.875	0.2			28.3	0.0	0.0			
0.583	0.3			28.4	0.0	0.0			
0.300	0.5			28.4	0.0	0.0			
0.292	0.5			28.4	0.0	0.0			
0.230	0.5			28.4	0.0	0.0			
0.050	0.6			28.5	0.0	0.0			
0.000	0.5			28.5	0.0	0.0			

10.1.1.3 Envolvente de armaduras

Altura sobre zapata (m)	Armadura (cm ² /m ²)
1.750	0.0
1.700	0.0
1.458	0.0
1.167	0.0
0.875	0.0
0.583	0.0
0.300	0.0
0.292	0.0
0.230	0.0
0.050	0.0
0.000	0.0

10.1.2 Zapata

10.1.2.1 Situación persistente. Combinación fundamental

Sección 1 (x = 0.500 m)

		Envolvente de esfuerzos			
		Cortantes		Esfuerzos armadura máxima	
Distancia a puntera (m)	Zarpa	V _d max ⁺ (t/m)	V _d max ⁻ (t/m)	V _d (t/m)	M _d (mt/m)
0.000	Delantera	0.0	-0.0	-0.0	0.0
0.300	Delantera	0.0	-1.1	-1.1	0.2
0.600	Trasera	0.0	-0.7	-0.7	-0.3
1.008	Trasera	0.0	-0.4	-0.4	-0.2
1.243	Trasera	0.0	-0.5	-0.5	-0.1

Verificación por agotamiento de las bielas de compresión				
Distancia a puntera (m)	V_d (t/m)	V_{u1} (t/m)	V_d / V_{u1}	Observaciones
0.000	-0.0			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.300	-1.1			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.600	-0.7			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.008	-0.4			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.243	-0.5			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma

Armadura de cortante								
Distancia a puntera (m)	V_d (t/m)	V_{cu} (t/m)	V_{su} (t/m)	V_{u2} (t/m)	A_t (cm ² /m ²)	A_t min (cm ² /m ²)	S_{max} long (m)	S_{max} trans (m)
0.000	-0.0			32.5	0	0		
0.300	-1.1			32.5	0	0		
0.600	-0.7			32.5	0	0		
1.008	-0.4			32.5	0	0		
1.243	-0.5			32.5	0	0		

10.1.2.2 Situación accidental. Combinación sísmica

Sección 1 (x = 0.500 m)

Envolvente de esfuerzos					
Distancia a puntera (m)	Zarpa	Cortantes		Esfuerzos armadura máxima	
		V_d max ⁺ (t/m)	V_d max ⁻ (t/m)	V_d (t/m)	M_d (mt/m)
0.000	Delantera	0.0	-0.0	-0.0	0.0
0.300	Delantera	0.0	-0.7	-0.7	0.1
0.600	Trasera	0.0	-0.3	-0.3	-0.1
1.008	Trasera	0.0	-0.2	-0.2	-0.0
1.243	Trasera	0.0	-0.1	-0.1	-0.0

Verificación por agotamiento de las bielas de compresión				
Distancia a puntera (m)	V_d (t/m)	V_{u1} (t/m)	V_d / V_{u1}	Observaciones
0.000	-0.0			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.300	-0.7			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.600	-0.3			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.008	-0.2			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.243	-0.1			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma

Armadura de cortante								
Distancia a puntera (m)	V_d (t/m)	V_{cu} (t/m)	V_{su} (t/m)	V_{u2} (t/m)	A_t (cm ² /m ²)	A_t min (cm ² /m ²)	S_{max} long (m)	S_{max} trans (m)
0.000	-0.0			37.5	0	0		
0.300	-0.7			37.5	0	0		
0.600	-0.3			37.5	0	0		
1.008	-0.2			37.5	0	0		

1.243	-0.1	37.5	0	0	
-------	------	------	---	---	--

10.1.2.3 Envolvente de armaduras

Distancia a puntera (m)	Armadura (cm ² /m ²)
0.000	0.0
0.300	0.0
0.600	0.0
1.008	0.0
1.243	0.0

10.2 Resumen de verificaciones

Módulo 1. Situación persistente. Combinación fundamental. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación accidental. Combinación sísmica. Verifica la comprobación

11 ESTADO LÍMITE DE DEFORMACIONES

Los movimientos calculados corresponden a la deformación del alzado del muro, no incluyendo por tanto los movimientos derivados del giro de la cimentación.

Los movimientos y giros corresponden a las deformaciones elásticas, es decir, considerando inercias no fisuradas. Tampoco incluyen la deformación por efectos reológicos (fluencia).

11.1 Módulo 1

Movimientos en coronación por cada acción

Acción	Hip: U _x (mm)	U _x , máximo G (rad)	Hip: U _x (mm)	G máximo G (rad)
Empuje activo de las tierras del trasdós	0.0	0.000025	0.0	0.000025
Empuje pasivo de las tierras en puntera	0.0	0.000000	0.0	0.000000
Sismo	0.0	0.000004	0.0	0.000004
Sismo	0.0	0.000004	0.0	0.000004

U_x : desplazamiento horizontal

G : giro

Movimientos totales

Combinación	Hip: U _x (mm)	U _x , máximo G (rad)	Hip: U _x (mm)	G máximo G (rad)
Situación persistente. Combinación cuasi permanente	0.0	0.000025	0.0	0.000025
Situación persistente. Combinación frecuente	0.0	0.000025	0.0	0.000025
Situación persistente. Combinación característica	0.0	0.000025	0.0	0.000025

U_x : desplazamiento horizontal

G : giro

U_{xmax} = 0.0 mm < U_{xadmisible} = 20.0 mm -> **Cumple a deformación.**

11.2 Resumen de verificaciones

Módulo 1. Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación persistente. Combinación frecuente. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación persistente. Combinación característica. Verifica la comprobación

12 VERIFICACIÓN DEL DESPIECE

Módulo 1 : Generación correcta del despiece de la armadura.

MEMORIA DE CÁLCULO MURO MT2

Programa: Civil eStudio

Versión: 39 - 27

Barcelona, 2020

Civil eStudio, software propiedad de CivilCAD Consultores, S.L.

Autores: L.M.Callís, J.M.Roig, I.Callís, P.Reinés

Licencia de uso concedida a: PEYCO

Número de usuario: 12034

Proyecto:

Nombre del proyecto: *Proyecto de Construcción de vía ciclista. Conexión de Lesaka con la Red Europea de vías ciclistas Eurovelo*

Nombre de la estructura: *Muro PP.KK 0+102 a PP.KK 0+210*

Nombre del elemento estructural: *Muro mensula de hormigón armado*

Tipo de estructura: *Muro in situ*

Funcionalidad de la estructura: *Muro de contención*

Clase de estructura: *Canto variable*

Vida útil: *100 años*

Normativas:

Ámbito: *Normas españolas*

Unidades:

Sistema *M.K.S.*

Despiece:

Sistema Métrico Europeo

Módulo del programa:

Módulo Muro superficial

Nombre del archivo de proyecto: *muro 2.75.mur*

Ruta de acceso: *c:\users\j.villamil\documents\004-cb lesaka\muro h=2,75m*

Informe:

Tipo de informe: *Informe de la Memoria de cálculo*

Informe generado el día 02-07-2021 a las 10:33:23.

Índice

1 RESUMEN DE VERIFICACIONES

2 DEFINICIÓN DEL PROYECTO

- 2.1 Ámbito normativo
- 2.2 Geometría
 - 2.2.1 Planta del paramento
 - 2.2.2 Zapata
 - 2.2.3 Alzado
- 2.3 Materiales
 - 2.3.1 Hormigón Alzado
 - 2.3.2 Hormigón Zapata
 - 2.3.3 Hormigón Capa de nivelación
 - 2.3.4 Acero de la armadura pasiva Alzado
 - 2.3.5 Acero de la armadura pasiva Zapata
- 2.4 Recubrimientos geométricos
- 2.5 Fisuración
- 2.6 Terreno
- 2.7 Acciones
 - 2.7.1 Acciones permanentes
 - 2.7.2 Acciones accidentales
- 2.8 Coeficientes de seguridad
 - 2.8.1 Coeficientes de mayoración de las acciones, γ_F
 - 2.8.2 Coeficientes de seguridad y combinación
- 2.9 Configuración del cálculo

3 ESFUERZOS EN ALZADO Y ACCIONES EN ZAPATA

- 3.1 Módulo 1
 - 3.1.1 Sección 1 ($x = 0.500$ m)

4 ESTADO LÍMITE DE DESLIZAMIENTO

- 4.1 Módulo 1
 - 4.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente
 - 4.1.2 Situación persistente. Combinación característica
 - 4.1.3 Situación accidental. Combinación sísmica
- 4.2 Resumen de verificaciones

5 ESTADO LÍMITE DE VUELCO

- 5.1 Módulo 1
 - 5.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente
 - 5.1.2 Situación persistente. Combinación característica
 - 5.1.3 Situación accidental. Combinación sísmica
- 5.2 Resumen de verificaciones

6 ESTADO LÍMITE DE ESTABILIDAD GLOBAL

- 6.1 Módulo 1

- 6.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente
- 6.1.2 Situación persistente. Combinación característica
- 6.1.3 Situación accidental. Combinación sísmica
- 6.2 Resumen de verificaciones

7 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE HUNDIMIENTO DEL TERRENO

- 7.1 Módulo 1
 - 7.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente
 - 7.1.2 Situación persistente. Combinación característica
 - 7.1.3 Situación accidental. Combinación sísmica
- 7.2 Resumen de verificaciones

8 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE ROTURA POR FLEXIÓN

- 8.1 Módulo 1
 - 8.1.1 Alzado
 - 8.1.1.1 Situación persistente. Combinación fundamental
 - 8.1.1.2 Situación accidental. Combinación sísmica
 - 8.1.1.3 Envolverte de armaduras
 - 8.1.2 Zapata
 - 8.1.2.1 Situación persistente. Combinación fundamental
 - 8.1.2.2 Situación accidental. Combinación sísmica
 - 8.1.2.3 Envolverte de armaduras
- 8.2 Resumen de verificaciones

9 ESTADO LÍMITE DE FISURACIÓN

- 9.1 Módulo 1
 - 9.1.1 Alzado
 - 9.1.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente
 - 9.1.2 Zapata
 - 9.1.2.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente
- 9.2 Resumen de verificaciones

10 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE ROTURA POR CORTANTE

- 10.1 Módulo 1
 - 10.1.1 Alzado
 - 10.1.1.1 Situación persistente. Combinación fundamental
 - 10.1.1.2 Situación accidental. Combinación sísmica
 - 10.1.1.3 Envolverte de armaduras
 - 10.1.2 Zapata
 - 10.1.2.1 Situación persistente. Combinación fundamental
 - 10.1.2.2 Situación accidental. Combinación sísmica
 - 10.1.2.3 Envolverte de armaduras
- 10.2 Resumen de verificaciones

11 ESTADO LÍMITE DE DEFORMACIONES

- 11.1 Módulo 1
- 11.2 Resumen de verificaciones

12 VERIFICACIÓN DEL DESPIECE

1 RESUMEN DE VERIFICACIONES

Nombre del proyecto: *Proyecto de Construcción de vía ciclista. Conexión de Lesaka con la Red Europea de vías ciclistas Eurovelo*

Nombre de la estructura: *Muro PP.KK 0+102 a PP.KK 0+210*

Nombre del elemento estructural: *Muro mensula de hormigón armado*

Tipo de estructura: *Muro in situ*

Funcionalidad de la estructura: *Muro de contención*

Clase de estructura: *Canto variable*

Vida útil: *100 años*

Módulo 1		
Estado límite de deslizamiento zapata - terreno		
Situación persistente	Combinación cuasi permanente	Cumple
	Combinación característica	Cumple
Situación accidental	Combinación sísmica	Cumple
Estado límite de vuelco rígido		
Situación persistente	Combinación cuasi permanente	Cumple
	Combinación característica	Cumple
Situación accidental	Combinación sísmica	Cumple
Estado límite geotécnico último de hundimiento		
Situación persistente	Combinación cuasi permanente	Cumple
	Combinación característica	Cumple
Situación accidental	Combinación sísmica	Cumple
Estado límite estructural último de rotura por flexión		
Situación persistente	Combinación fundamental	Cumple
Situación accidental	Combinación sísmica	Cumple
Estado límite estructural de servicio de fisuración		
Situación persistente	Combinación cuasi permanente	Cumple
Estado límite estructural último de rotura por cortante		
Situación persistente	Combinación fundamental	Cumple
Situación accidental	Combinación sísmica	Cumple
Estado límite estructural de servicio de deformaciones		
Situación persistente	Combinación cuasi permanente	Cumple
	Combinación frecuente	Cumple
	Combinación característica	Cumple

Estado límite de estabilidad global		
Situación persistente	Combinación cuasi permanente	Cumple
	Combinación característica	Cumple
Situación accidental	Combinación sísmica	Cumple
Obtención del despiece de la armadura		
Generación del armado	.	Cumple

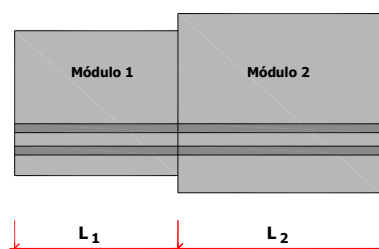
2 DEFINICIÓN DEL PROYECTO

2.1 Ámbito normativo

IAP. Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera. 2011
 IAPF. Instrucción de Acciones a considerar en puentes de ferrocarril. 2007
 Guía. Guía de cimentaciones. 2009
 CTE. Código Técnico de la Edificación. 2006
 EHE. Instrucción Española del Hormigón Estructural. 2008

2.2 Geometría

2.2.1 Planta del paramento

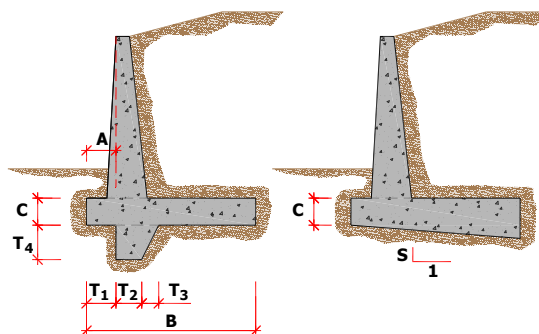


Módulo	Coordenadas Paramento				Longitud L (m)
	Punto inicial		Punto final		
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
1	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000

Ángulo inicial de la zapata con el paramento α_1 : 100.000 g
 Ángulo final de la zapata con el paramento α_2 : 100.000 g

2.2.2 Zapata

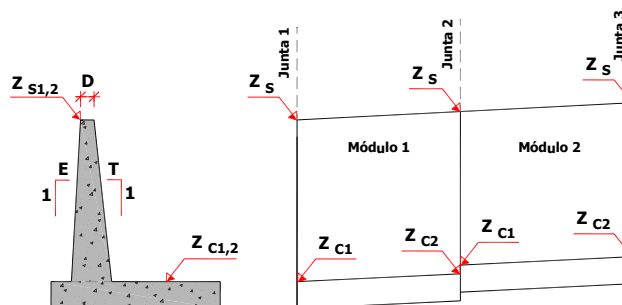
Dimensiones de la zapata



Módulo	A (m)	Ancho B (m)	Canto C (m)	Pendiente S
1	0.450	1.700	0.400	0.000

Espesor del hormigón de limpieza : 0.100 m

2.2.3 Alzado



Junta	Cota coronación Z_s (m)	Pendiente E (tanto por uno)	Canto coronación D (m)
1	2.750	0.000	0.300
2	2.750	0.000	0.300

Módulo	Cota zapata Z_{c1} (m)	Cota zapata Z_{c2} (m)	Pendiente trasdós T_1 (tanto por uno)	Pendiente trasdós T_2 (tanto por uno)
1	0.000	0.000	0.000	0.000

2.3 Materiales

2.3.1 Hormigón Alzado

Denominación: HA-25

Resistencia característica a compresión, f_{ck}	:	255	kg/cm ²
Resistencia media a compresión, f_{cm}	:	337	kg/cm ²
Resistencia característica a tracción, $f_{ct,k}$	:	-18	kg/cm ²
Resistencia media a tracción, $f_{ct,m}$	:	-26	kg/cm ²
Módulo elástico secante, E_{cm}	:	278016	kg/cm ²
Módulo elástico inicial (tangente), E_c	:	326669	kg/cm ²
Coefficiente de Poisson, ν	:	0.20	
Peso específico, γ	:	2.55	t/m ³
Coefficiente del tipo de cemento, s	:	0.25	
Coefficiente de la naturaleza del árido, α	:	1.0	
Coefficiente de dilatación térmica, α	:	0.00001000	°C ⁻¹

Diagrama parábola-rectángulo:

Grado de la parábola, n	:	2.00
Deformación de rotura a compresión simple, ε_{c0}	:	0.00200
Deformación de rotura en flexión, ε_{cu}	:	0.00350
Deformación máxima en armadura traccionada, ε_s	:	-0.01000
Coefficiente de intensidad del bloque de compresión, k	:	1.00

Diagrama rectangular:

Coefficiente profundidad del bloque de compresión, λ	:	0.80
Coefficiente intensidad del bloque de compresión, η	:	1.00

Endurecimiento : Normal

Tipo de cemento para Alzado : CEM II/A-S (según RC-08).

2.3.2 Hormigón Zapata

Denominación: HA-25

Resistencia característica a compresión, f_{ck}	:	255 kg/cm ²
Resistencia media a compresión, f_{cm}	:	337 kg/cm ²
Resistencia característica a tracción, $f_{ct,k}$	:	-18 kg/cm ²
Resistencia media a tracción, $f_{ct,m}$	:	-26 kg/cm ²
Módulo elástico secante, E_{cm}	:	278016 kg/cm ²
Módulo elástico inicial (tangente), E_c	:	326669 kg/cm ²
Coefficiente de Poisson, ν	:	0.20
Peso específico, γ	:	2.55 t/m ³
Coefficiente del tipo de cemento, s	:	0.25
Coefficiente de la naturaleza del árido, α	:	1.0
Coefficiente de dilatación térmica, α	:	0.00001000 °C ⁻¹

Diagrama parábola-rectángulo:

Grado de la parábola, n	:	2.00
Deformación de rotura a compresión simple, ε_{c0}	:	0.00200
Deformación de rotura en flexión, ε_{cu}	:	0.00350
Deformación máxima en armadura traccionada, ε_s	:	-0.01000
Coefficiente de intensidad del bloque de compresión, k	:	1.00

Diagrama rectangular:

Coefficiente profundidad del bloque de compresión, λ	:	0.80
Coefficiente intensidad del bloque de compresión, η	:	1.00

Endurecimiento : Normal

Tipo de cemento para Zapata : CEM II/A-S (según RC-08).

2.3.3 Hormigón Capa de nivelación

Denominación: HM-10

Resistencia característica a compresión, f_{ck}	:	102 kg/cm ²
---	---	------------------------

Tipo de cemento para Capa de nivelación : CEM I (según RC-08).

2.3.4 Acero de la armadura pasiva Alzado

Denominación: AP500 S

Límite elástico característico, f_{yk}	:	5099 kg/cm ²
Tensión unitaria de rotura, f_s	:	5608 kg/cm ²
Módulo de deformación longitudinal del acero, E_s	:	2039432 kg/cm ²
Deformación última en compresión, $\varepsilon_{max,1}$	:	0.010000
Deformación última en tracción, $\varepsilon_{max,2}$	:	-0.010000
Densidad del acero, γ	:	7.85 t/m ³

Coefficientes de seguridad:

ELServicio, γ_s	:	1.00
------------------------	---	------

ELU, situación persistente, γ_s	:	1.15
ELU, situación accidental, γ_s	:	1.00

2.3.5 Acero de la armadura pasiva Zapata

Denominación: AP500 S

Límite elástico característico, f_{yk}	:	5099	kg/cm ²
Tensión unitaria de rotura, f_s	:	5608	kg/cm ²
Módulo de deformación longitudinal del acero, E_s	:	2039432	kg/cm ²
Deformación última en compresión, $\epsilon_{max,1}$	:	0.010000	
Deformación última en tracción, $\epsilon_{max,2}$	:	-0.010000	
Densidad del acero, γ	:	7.85	t/m ³

Coefficientes de seguridad:

ELServicio, γ_s	:	1.00
ELU, situación persistente, γ_s	:	1.15
ELU, situación accidental, γ_s	:	1.00

2.4 Recubrimientos geométricos

Alzado	:	4.0	cm
Zapata	:	4.0	cm

2.5 Fisuración

Alzado

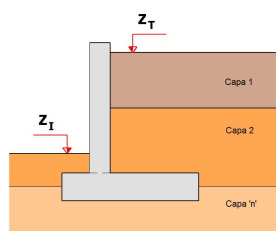
Clase de exposición: IIa	
Anchura de fisura admisible	: 0.30 mm

Zapata

Clase de exposición: IIa	
Anchura de fisura admisible	: 0.30 mm

2.6 Terreno

Definición de las cotas del terreno



Junta	Cota terreno en puntera Z_1 (m)	Cota terreno trasdós Z_T (m)
1	0.300	2.700
2	0.300	2.700

Definición de parámetros geotécnicos de las capas del terreno

Capa	Nombre	Tipo	Cota inferior (m)	Densidad natural (t/m ³)	Densidad saturada (t/m ³)
1	Granular	Granular	0.050	2.10	0.00
2	Cimentación	Cohesivo	-10000.000	1.90	0.00

Capa	Nombre	Tipo	Ángulo de rozamiento (°)	Cohesión (t/m ²)	Presión de hundimiento (t/m ²)
1	Granunlar	Granular	40.0	0.00	0.00
2	Cimentacion	Cohesivo	0.0	3.70	20.00

Definición de los parámetros contacto hormigón-terreno

Capa	Nombre	Áng. roz. zapata-terreno (°)	Adherencia (t/m ²)	Áng. roz. alzado-terreno (°)
1	Granunlar	0.0	0.00	0.0
2	Cimentacion	0.0	0.00	0.0

2.7 Acciones

2.7.1 Acciones permanentes

Empuje de tierras :

En el trasdós del muro se aplica el empuje activo.

No se considera la componente vertical del empuje activo en el contacto terreno-terreno.

Se considera el empuje pasivo en la puntera actuando desde la superficie del terreno.

Coefficiente reductor del empuje pasivo : 0.600

2.7.2 Acciones accidentales

Sismo :

Definición del sismo

Definición de la acción sísmica :

Tipo de sismo : Sismo último de cálculo

Aceleración básica, a_b : 0.040 m/s²

Factor de importancia, γ_I : 1.000

Periodo de retorno : 500 años

Coefficiente C del terreno : 1.600

Aceleración de cálculo : 0.051 m/s²

Parámetros sísmicos del empuje de tierras

Coefficiente sísmico horizontal :

$$K_h = a_c / r \cdot g$$

r : 1.000

Coefficiente sísmico vertical :

$$K_v = K_h / \beta$$

β : 2.000

Empujes sísmicos sobre estructuras de contención de tierras :

El agua intersticial vibra conjuntamente con el esqueleto sólido del suelo.

Combinaciones de sismo :

$$SI_1 = 1.0 \cdot SI_H + 0.3 \cdot SI_V$$

$$SI_2 = 0.3 \cdot SI_H + 1.0 \cdot SI_V$$

2.8 Coeficientes de seguridad

2.8.1 Coeficientes de mayoración de las acciones, γ_F

ESTADOS LÍMITE ESTRUCTURALES						
	Estado límite de Servicio		Estado límite Último			
	Coeficiente favorable	Coeficiente desfavorable	Situación Persistente		Situación Accidental	
			Coeficiente favorable	Coeficiente desfavorable	Coeficiente favorable	Coeficiente desfavorable
Peso propio muro	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Peso tierras trasdós	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Peso tierras puntera	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Empuje activo trasdós	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00
Empuje pasivo puntera	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00
Sobrecarga permanente trasdós. Empuje	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00
Sobrecarga permanente trasdós. Acción vertical	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Carga permanente en coronación	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Carga permanente en faja. Empuje	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Carga permanente en faja. Acción vertical	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00
Sobrecarga de tráfico. Empuje	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00
Sobrecarga de tráfico. Acción vertical	0.00	1.00	0.00	1.35	0.00	1.00
Carga de tráfico en coronación	0.00	1.00	0.00	1.35	0.00	1.00
Viento	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00
Nivel freático	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00
Sismo	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
Impacto	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00

ESTADOS LÍMITE GEOTÉCNICOS				
	Estado límite Último			
	Situación Persistente		Situación Accidental	
	Coeficiente favorable	Coeficiente desfavorable	Coeficiente favorable	Coeficiente desfavorable
Peso propio muro	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso tierras trasdós	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso tierras puntera	1.00	1.00	1.00	1.00
Empuje activo trasdós	1.00	1.00	1.00	1.00
Empuje pasivo puntera	1.00	1.00	1.00	1.00
Sobrecarga permanente trasdós. Empuje	1.00	1.00	1.00	1.00
Sobrecarga permanente trasdós. Acción vertical	1.00	1.00	1.00	1.00
Carga permanente en coronación	1.00	1.00	1.00	1.00
Carga permanente en faja. Empuje	1.00	1.00	1.00	1.00
Carga permanente en faja. Acción vertical	1.00	1.00	1.00	1.00
Sobrecarga de tráfico. Empuje	0.00	1.00	0.00	1.00
Sobrecarga de tráfico. Acción vertical	0.00	1.00	0.00	1.00
Carga de tráfico en coronación	0.00	1.00	0.00	1.00
Viento	0.00	1.00	0.00	1.00
Nivel freático	0.00	1.00	0.00	1.00
Sismo	0.00	0.00	1.00	1.00
Impacto	0.00	0.00	1.00	1.00

2.8.2 Coeficientes de seguridad y combinación

Coeficientes de combinación

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga de tráfico	1.00	1.00	1.00
Viento	0.60	0.20	0.00
Nivel freático	1.00	1.00	1.00

Movimientos admisibles

Desplazamiento máximo horizontal en coronación, U_x : 20 mm

Factores de seguridad. EL geotécnico de Hundimiento

Situación persistente. Combinación característica	:	2.600
Situación persistente. Combinación cuasi permanente	:	3.000
Situación accidental. Combinación sísmica	:	2.200
Situación accidental. Combinación de impacto	:	2.200

Factores de seguridad. EL geotécnico de Deslizamiento

Situación persistente. Combinación característica	:	1.300
Situación persistente. Combinación cuasi permanente	:	1.500
Situación accidental. Combinación sísmica	:	1.100
Situación accidental. Combinación de impacto	:	1.100

Factores de seguridad. EL geotécnico de Vuelco rígido

Situación persistente. Combinación característica	:	1.800
Situación persistente. Combinación cuasi permanente	:	2.000
Situación accidental. Combinación sísmica	:	1.500
Situación accidental. Combinación de impacto	:	1.500

Factores de seguridad. EL geotécnico de Estabilidad global

Situación persistente. Combinación característica	:	1.300
Situación persistente. Combinación cuasi permanente	:	1.500
Situación accidental. Combinación sísmica	:	1.100
Situación accidental. Combinación de impacto	:	1.100

2.9 Configuración del cálculo

El cálculo de cada módulo se realiza considerando 1 sección transversal del muro.

Las verificaciones de deslizamiento, vuelco y estabilidad global se realizan en las secciones transversales definidas, obteniéndose a partir de ellas un coeficiente de seguridad global del módulo ponderando cada sección por su anchura contributiva.

Para la verificación del estado límite de hundimiento, el cálculo se realiza para cada sección transversal definida, adoptándose para la verificación la presión máxima de entre todas las secciones transversales.

Para la obtención de las armaduras de flexión, cortante y fisuración, se realiza el cálculo de las mismas en cada una de las secciones transversales definidas, adoptándose la armadura máxima de entre todas ellas.

Las secciones transversales consideradas en cada módulo son :

Sección transversal	s / L (tanto por uno)
1	0.500

s : Distancia de la sección transversal al inicio del módulo.

L : Longitud del módulo.

3 ESFUERZOS EN ALZADO Y ACCIONES EN ZAPATA

3.1 Módulo 1

Peso propio muro

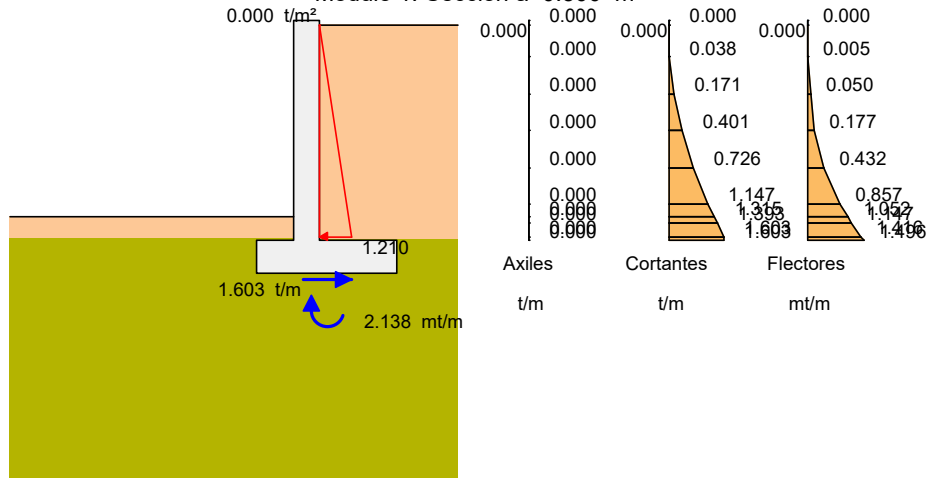
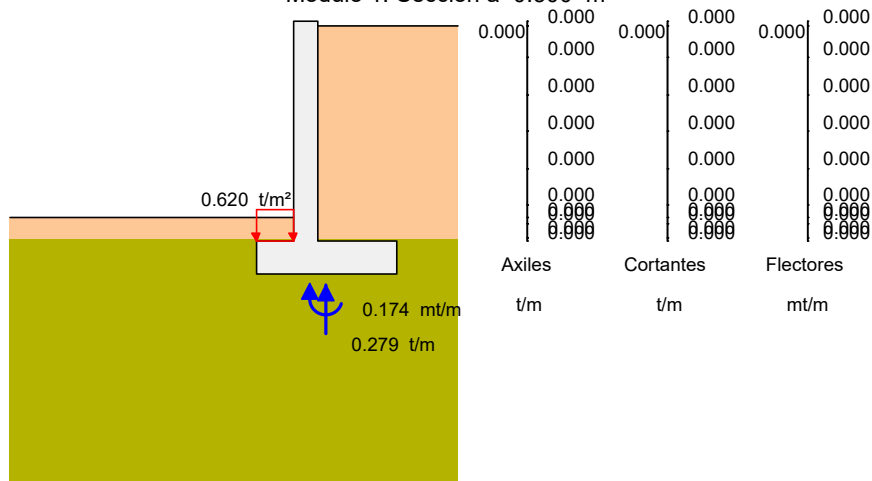
The diagram illustrates a retaining wall structure with the following details:

- Dimensions:** The wall has a total height of 6.00 m and a base width of 1.020 m.
- Loads:**
 - A vertical distributed load of 2.103 t/m acts on the wall face.
 - A horizontal distributed load of 0.526 mt/m acts at the base.
 - A base reaction of 3.837 t/m is shown at the bottom center.
- Internal Force Diagrams:**
 - Axiles (t/m):** A triangular diagram showing axial force increasing from 0.000 at the top to 2.963 at the base.
 - Cortantes (t/m):** A constant shear force diagram at 0.000.
 - Flectores (mt/m):** A constant bending moment diagram at 0.000.

The diagram shows a frame structure with a horizontal beam of length 6.366 m and a vertical column of height 2.016 m. The beam is subjected to a uniformly distributed load of 5.660 t/m². The column is subjected to a horizontal load of 5.377 t/m. The internal force diagrams are shown to the right of the structure:

- Axiles (t/m):** The axial force diagram shows a constant value of 0.000 t/m for both the beam and the column.
- Cortantes (t/m):** The shear force diagram shows a constant value of 0.000 t/m for both the beam and the column.
- Flectores (mt/m):** The bending moment diagram shows a constant value of 0.000 mt/m for both the beam and the column.

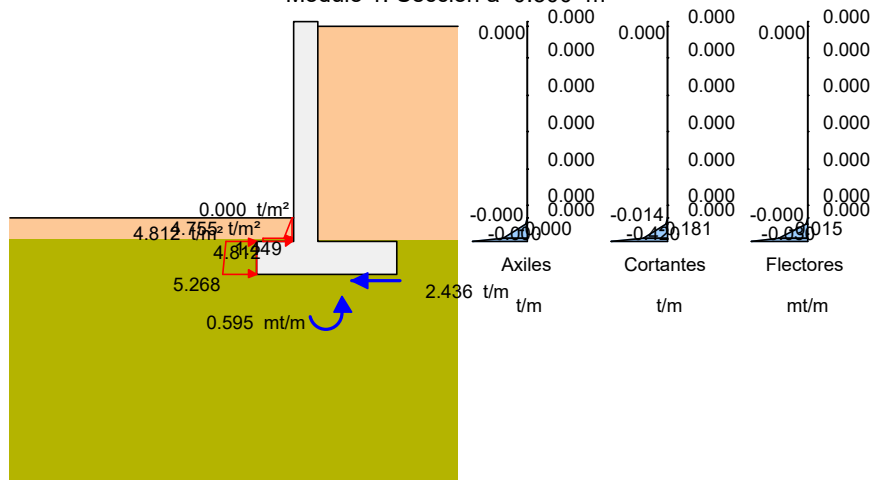
página 12



Acciones en muro y esfuerzos en el alzado

Empuje pasivo de las tierras en puntera

Módulo 1. Sección a 0.500 m

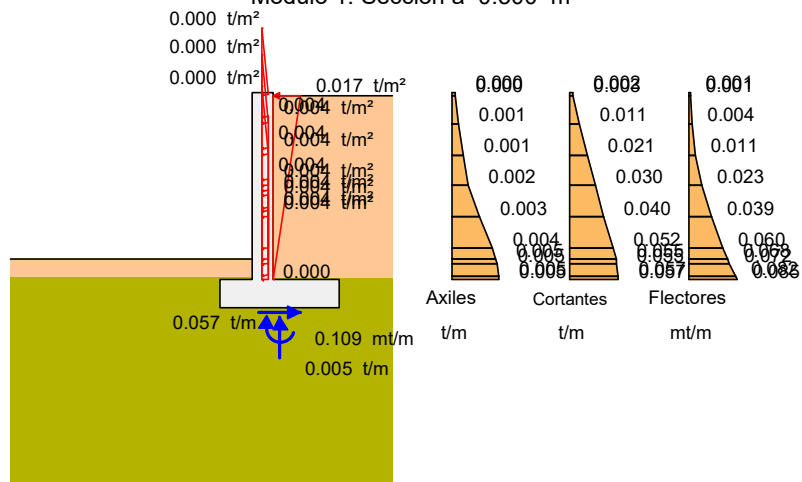


Sismo

Acciones en muro y esfuerzos en el alzado

Sismo. Combinación 1. Signo Kv positivo

Módulo 1. Sección a 0.500 m

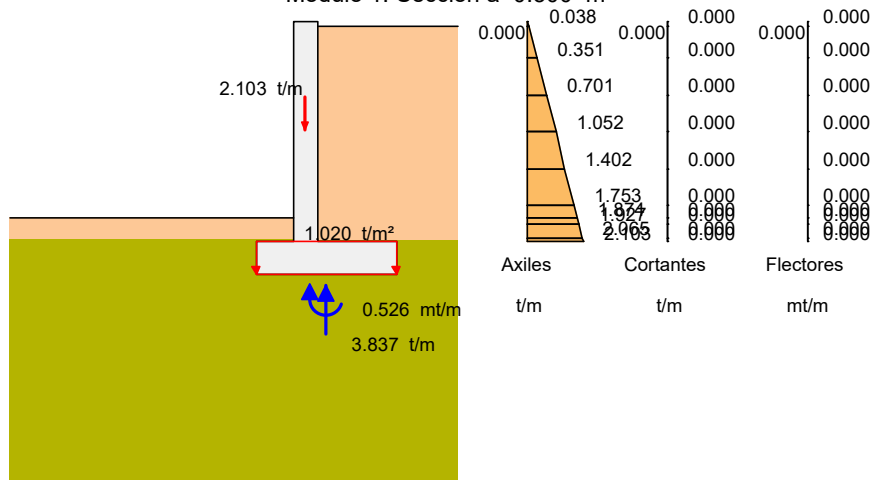


Sismo

Acciones en muro y esfuerzos en el alzado

Sismo. Combinación 1. Signo Kv positivo

Módulo 1. Sección a 0.500 m

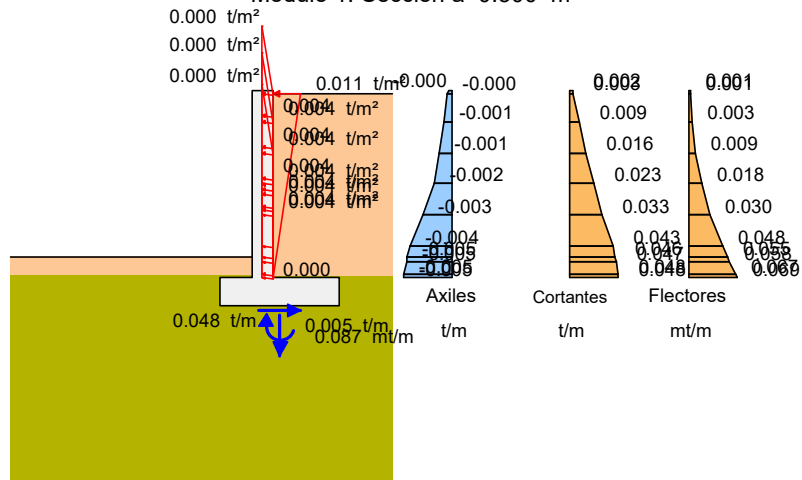


Sismo

Acciones en muro y esfuerzos en el alzado

Sismo. Combinación 1. Signo Kv negativo

Módulo 1. Sección a 0.500 m

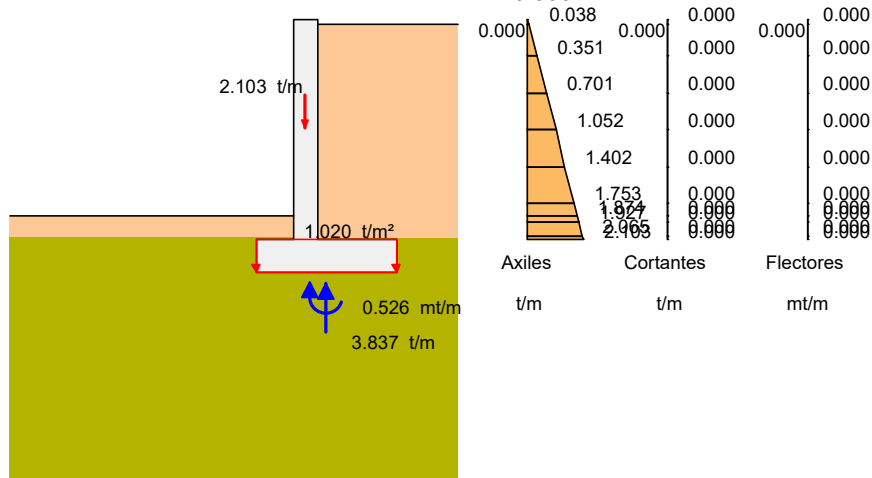


Sismo

Acciones en muro y esfuerzos en el alzado

Sismo. Combinación 1. Signo Kv negativo

Módulo 1. Sección a 0.500 m

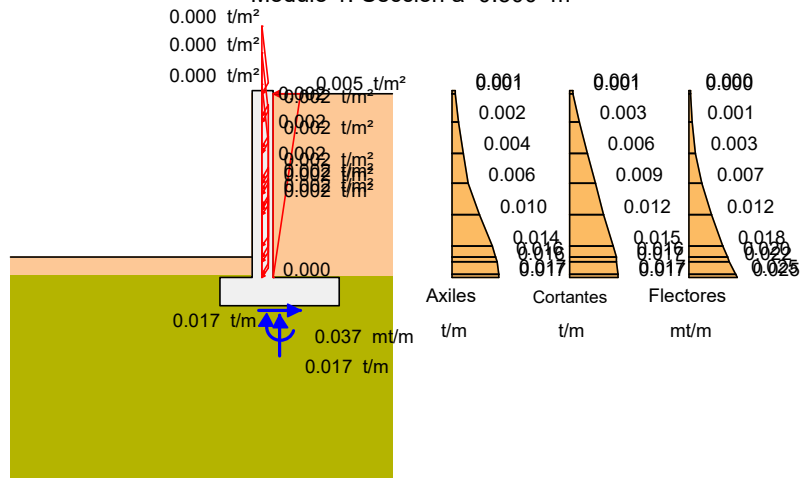


Sismo

Acciones en muro y esfuerzos en el alzado

Sismo. Combinación 2. Signo Kv positivo

Módulo 1. Sección a 0.500 m

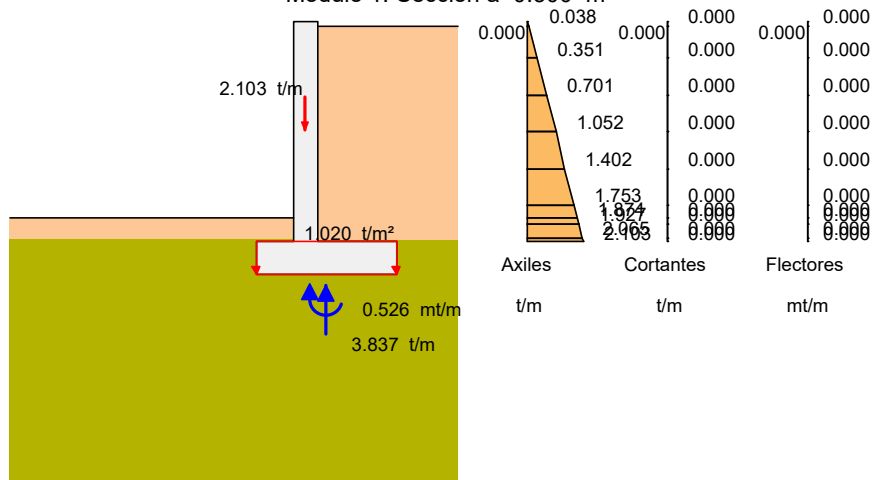


Sismo

Acciones en muro y esfuerzos en el alzado

Sismo. Combinación 2. Signo Kv positivo

Módulo 1. Sección a 0.500 m

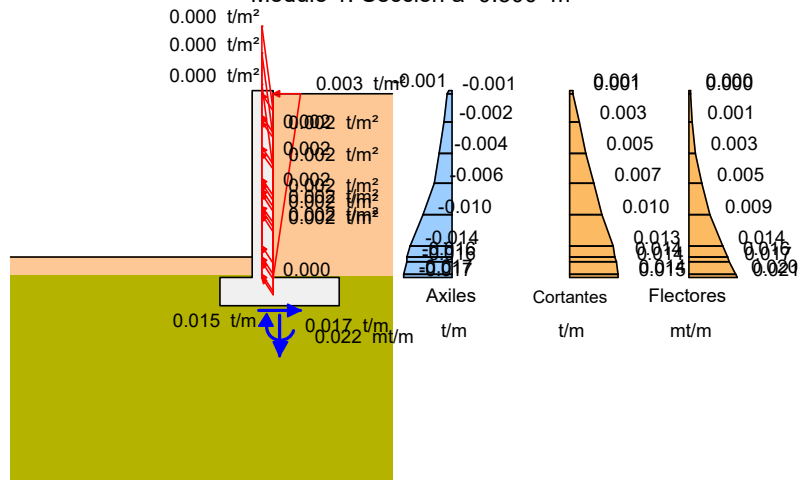


Sismo

Acciones en muro y esfuerzos en el alzado

Sismo. Combinación 2. Signo Kv negativo

Módulo 1. Sección a 0.500 m

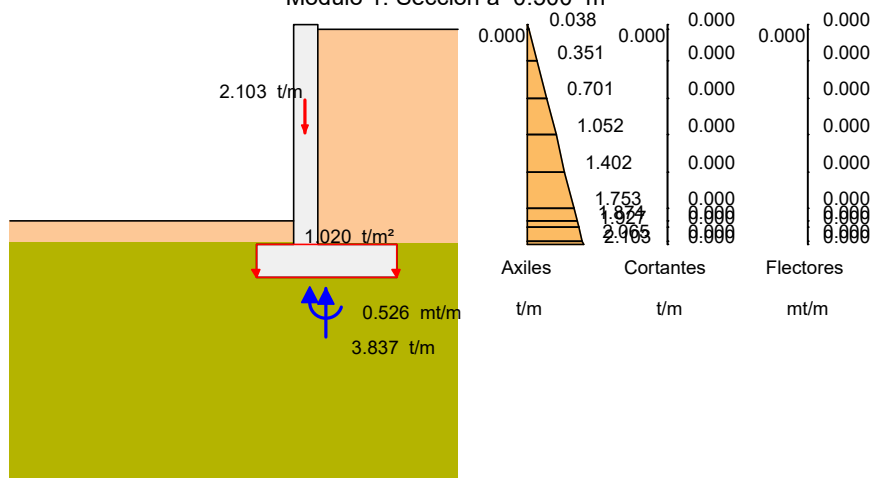


Sismo

Acciones en muro y esfuerzos en el alzado

Sismo. Combinación 2. Signo Kv negativo

Módulo 1. Sección a 0.500 m



4 ESTADO LÍMITE DE DESLIZAMIENTO

4.1 Módulo 1

4.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente

Acción	F normal (t)	F roz. (t)	F horiz. estab. (t)	F desest. (t)
Peso propio muro	3.8	0.0	0.0	0.0
Peso tierras trasdós	5.4	0.0	0.0	0.0
Peso tierras puntera	0.3	0.0	0.0	0.0
Empuje activo trasdós	0.0	0.0	0.0	1.6
Empuje pasivo puntera	-0.0	0.0	2.4	0.0
Sismo	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	9.5	0.0	2.4	1.6

Fuerza estabilizadora:

Fuerza de rozamiento	:	0.0 t
Fuerza horizontal estabilizadora	:	2.4 t
Adherencia	:	0.0 t
Total	:	2.4 t

Fuerza desestabilizadora : 1.6 t

Factor de seguridad : 1.519
Factor de seguridad admisible : 1.500

FS = 1.519 > FS_{admisible} = 1.500 -> **Cumple a deslizamiento.**

4.1.2 Situación persistente. Combinación característica

Acción	F normal (t)	F roz. (t)	F horiz. estab. (t)	F desest. (t)
Peso propio muro	3.8	0.0	0.0	0.0
Peso tierras trasdós	5.4	0.0	0.0	0.0
Peso tierras puntera	0.3	0.0	0.0	0.0
Empuje activo trasdós	0.0	0.0	0.0	1.6
Empuje pasivo puntera	-0.0	0.0	2.4	0.0
Sismo	0.0	0.0	0.0	0.0

Total	9.5	0.0	2.4	1.6
-------	-----	-----	-----	-----

Fuerza estabilizadora:

Fuerza de rozamiento	:	0.0 t
Fuerza horizontal estabilizadora	:	2.4 t
Adherencia	:	0.0 t
Total	:	2.4 t

Fuerza desestabilizadora : 1.6 t

Factor de seguridad : 1.519
Factor de seguridad admisible : 1.300

FS = 1.519 > FS_{admisible} = 1.300 -> **Cumple a deslizamiento.**

4.1.3 Situación accidental. Combinación sísmica

Acción	F normal (t)	F roz. (t)	F horiz. estab. (t)	F desest. (t)
Peso propio muro	3.8	0.0	0.0	0.0
Peso tierras trasdós	5.4	0.0	0.0	0.0
Peso tierras puntera	0.3	0.0	0.0	0.0
Empuje activo trasdós	0.0	0.0	0.0	1.6
Empuje pasivo puntera	-0.0	0.0	2.4	0.0
Sismo	0.0	0.0	0.0	0.1
Total	9.5	0.0	2.4	1.7

Fuerza estabilizadora:

Fuerza de rozamiento	:	0.0 t
Fuerza horizontal estabilizadora	:	2.4 t
Adherencia	:	0.0 t
Total	:	2.4 t

Fuerza desestabilizadora : 1.7 t

Factor de seguridad : 1.446
Factor de seguridad admisible : 1.100

FS = 1.446 > FS_{admisible} = 1.100 -> **Cumple a deslizamiento.**

4.2 Resumen de verificaciones

Módulo 1. Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación persistente. Combinación característica. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación accidental. Combinación sísmica. Verifica la comprobación

5 ESTADO LÍMITE DE VUELCO

5.1 Módulo 1

5.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente

Acción	M estab. (mt)	M desest. (mt)
Peso propio muro	2.7	0.0
Peso tierras trasdós	6.6	0.0
Peso tierras puntera	0.1	0.0

Empuje activo trasdós	0.0	2.1
Empuje pasivo puntera	0.6	0.0
Sismo	0.0	0.0
Total	10.0	2.1

Momento estabilizador	:	10.0 mt
Momento desestabilizador	:	2.1 mt

Factor de seguridad	:	4.669
Factor de seguridad admisible	:	2.000

FS = 4.669 > FSadm = 2.000 -> **Cumple a vuelco.**

5.1.2 Situación persistente. Combinación característica

Acción	M estab. (mt)	M desest. (mt)
Peso propio muro	2.7	0.0
Peso tierras trasdós	6.6	0.0
Peso tierras puntera	0.1	0.0
Empuje activo trasdós	0.0	2.1
Empuje pasivo puntera	0.6	0.0
Sismo	0.0	0.0
Total	10.0	2.1

Momento estabilizador	:	10.0 mt
Momento desestabilizador	:	2.1 mt

Factor de seguridad	:	4.669
Factor de seguridad admisible	:	1.800

FS = 4.669 > FSadm = 1.800 -> **Cumple a vuelco.**

5.1.3 Situación accidental. Combinación sísmica

Acción	M estab. (mt)	M desest. (mt)
Peso propio muro	2.7	0.0
Peso tierras trasdós	6.6	0.0
Peso tierras puntera	0.1	0.0
Empuje activo trasdós	0.0	2.1
Empuje pasivo puntera	0.6	0.0
Sismo	0.0	0.1
Total	10.0	2.3

Momento estabilizador	:	10.0 mt
Momento desestabilizador	:	2.3 mt

Factor de seguridad	:	4.396
Factor de seguridad admisible	:	1.500

FS = 4.396 > FSadm = 1.500 -> **Cumple a vuelco.**

5.2 Resumen de verificaciones

Módulo 1. Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación persistente. Combinación característica. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación accidental. Combinación sísmica. Verifica la comprobación

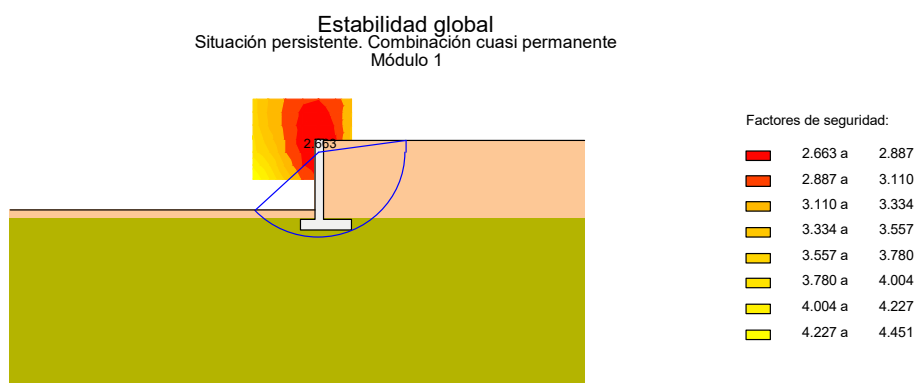
6 ESTADO LÍMITE DE ESTABILIDAD GLOBAL

El cálculo a estabilidad global se realiza con el método aproximado de Fellenius, considerando únicamente superficies de rotura circulares y con distribuciones de presiones intersticiales hidrostáticas (con variación lineal entre la zarpa delantera y la trasera).

El proyectista deberá valorar la verificación de la estabilidad global con métodos más precisos en función de la geometría, la estratificación y el flujo de agua.

6.1 Módulo 1

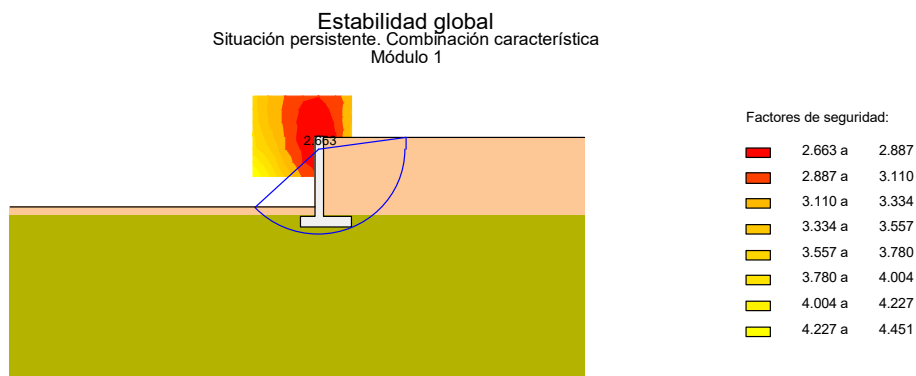
6.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente



Factor de seguridad : 2.663
Factor de seguridad admisible : 1.500

$FS = 2.663 > FS_{adm} = 1.500 \rightarrow$ **Cumple a estabilidad global.**

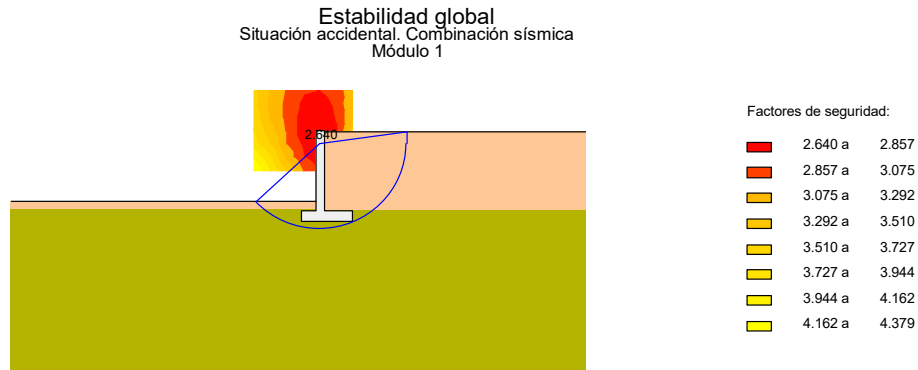
6.1.2 Situación persistente. Combinación característica



Factor de seguridad : 2.663
Factor de seguridad admisible : 1.300

$FS = 2.663 > FS_{adm} = 1.300 \rightarrow$ **Cumple a estabilidad global.**

6.1.3 Situación accidental. Combinación sísmica



Factor de seguridad : 2.640
Factor de seguridad admisible : 1.100

FS = 2.640 > FSadm = 1.100 -> **Cumple a estabilidad global.**

6.2 Resumen de verificaciones

Módulo 1. Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación persistente. Combinación característica. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación accidental. Combinación sísmica. Verifica la comprobación

7 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE HUNDIMIENTO DEL TERRENO

Para el cálculo de las presiones en el terreno se ha considerado una ley de distribución uniforme (método de la zapata equivalente).

7.1 Módulo 1

7.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente

Esfuerzos en la base de la zapata:

Sección	Resultante en la base de la zapata		
	N	H	M
x (m)	(t/m)	(t/m)	(mt/m)
0.500	9.493	-0.833	0.226

N: Resultante de las fuerzas verticales en el centro de la base de la zapata.

H: Resultante de las fuerzas horizontales en el centro de la base de la zapata.

M: Momento resultante respecto al centro de la base de la zapata.

Los esfuerzos N, H, M corresponden a la hipótesis que genera la presión máxima en el terreno.

Distribución de presiones:

Sección	Distribución de presión máxima			
	σ_1	σ_2	b	Tipo
x				

(m)	(t/m ²)	(t/m ²)	(m)	
0.500	5.745	5.745	1.652	Uniforme

Comprobación a hundimiento:

Presión máxima	:	5.745 t/m ²
Presión de hundimiento	:	20.000 t/m ²
Factor de seguridad mínimo	:	3.481
Factor de seguridad admisible	:	3.000

FS = 3.481 > FSadm = 3.000 -> **Cumple a hundimiento.**

7.1.2 Situación persistente. Combinación característica

Esfuerzos en la base de la zapata:

Sección	Resultante en la base de la zapata		
x (m)	N (t/m)	H (t/m)	M (mt/m)
0.500	9.493	-0.833	0.226

N: Resultante de las fuerzas verticales en el centro de la base de la zapata.

H: Resultante de las fuerzas horizontales en el centro de la base de la zapata.

M: Momento resultante respecto al centro de la base de la zapata.

Los esfuerzos N, H, M corresponden a la hipótesis que genera la presión máxima en el terreno.

Distribución de presiones:

Sección	Distribución de presión máxima			
x (m)	σ_1 (t/m ²)	σ_2 (t/m ²)	b (m)	Tipo
0.500	5.745	5.745	1.652	Uniforme

Comprobación a hundimiento:

Presión máxima	:	5.745 t/m ²
Presión de hundimiento	:	20.000 t/m ²
Factor de seguridad mínimo	:	3.481
Factor de seguridad admisible	:	2.600

FS = 3.481 > FSadm = 2.600 -> **Cumple a hundimiento.**

7.1.3 Situación accidental. Combinación sísmica

Esfuerzos en la base de la zapata:

Sección	Resultante en la base de la zapata		
x (m)	N (t/m)	H (t/m)	M (mt/m)
0.500	9.500	-0.751	0.365

N: Resultante de las fuerzas verticales en el centro de la base de la zapata.

H: Resultante de las fuerzas horizontales en el centro de la base de la zapata.

M: Momento resultante respecto al centro de la base de la zapata.

Los esfuerzos N, H, M corresponden a la hipótesis que genera la presión máxima en el terreno.

Distribución de presiones:

Sección	Distribución de presión máxima			
x (m)	σ_1 (t/m ²)	σ_2 (t/m ²)	b (m)	Tipo
0.500	5.853	5.853	1.623	Uniforme

Comprobación a hundimiento:

Presión máxima	:	5.853 t/m ²
Presión de hundimiento	:	20.000 t/m ²
Factor de seguridad mínimo	:	3.417
Factor de seguridad admisible	:	2.200

FS = 3.417 > FSadm = 2.200 -> **Cumple a hundimiento.**

7.2 Resumen de verificaciones

Módulo 1. Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación persistente. Combinación característica. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación accidental. Combinación sísmica. Verifica la comprobación

8 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE ROTURA POR FLEXIÓN

8.1 Módulo 1

8.1.1 Alzado

8.1.1.1 Situación persistente. Combinación fundamental

Sección 1 (x = 0.500 m)

Altura sobre zapata (m)	Envolvente de esfuerzos			
	Axiles		Flectores	
	N _d max ⁺ (t/m)	N _d max ⁻ (t/m)	M _d max ⁺ (mt/m)	M _d max ⁻ (mt/m)
2.750	0.0	0.0	0.0	0.0
2.700	0.1	0.0	0.0	-0.0
2.292	0.5	0.4	0.0	0.0
1.833	0.9	0.7	0.1	0.0
1.375	1.4	1.1	0.3	0.2
0.917	1.9	1.4	0.6	0.4
0.458	2.4	1.8	1.3	0.9
0.300	2.5	1.9	1.6	1.1
0.230	2.6	1.9	1.7	1.1
0.050	2.8	2.1	2.1	1.4
0.000	2.8	2.1	2.2	1.5

Altura sobre zapata (m)	Armadura vertical interior (lado tierras)				
	Esfuerzos armadura máxima		Armadura interior		
	N _d (t/m)	M _d (mt/m)	A _s cálculo (cm ² /m)	A _s mecánica (cm ² /m)	A _s geométrica (cm ² /m)
2.750	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
2.700	0.1	0.0	0.0	0.0	0.8
2.292	0.5	0.0	0.0	0.0	0.8
1.833	0.9	0.0	0.0	0.0	0.8
1.375	1.1	0.3	0.1	5.0	2.7
0.917	1.4	0.6	0.4	5.0	2.7
0.458	1.8	1.3	1.0	5.0	2.7
0.300	1.9	1.6	1.3	5.1	2.7

0.230	1.9	1.7	1.4	5.1	2.7
0.050	2.1	2.1	1.8	5.1	2.7
0.000	2.1	2.2	1.9	5.1	2.7

Armadura vertical exterior (lado visto)					
Altura sobre zapata (m)	Esfuerzos armadura máxima		Armadura exterior		
	N _d (t/m)	M _d (mt/m)	A _s cálculo (cm ² /m)	A _s mecánica (cm ² /m)	A _s geométrica (cm ² /m)
2.750	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
2.700	0.1	0.0	0.0	0.0	0.8
2.292	0.5	0.0	0.0	0.0	0.8
1.833	0.9	0.0	0.0	0.0	0.8
1.375	1.4	0.2	0.0	0.0	0.8
0.917	1.9	0.4	0.0	0.0	0.8
0.458	2.4	0.9	0.0	0.0	0.8
0.300	2.5	1.1	0.0	0.0	0.8
0.230	2.6	1.1	0.0	0.0	0.8
0.050	2.8	1.4	0.0	0.0	0.8
0.000	2.8	1.5	0.0	0.0	0.8

8.1.1.2 Situación accidental. Combinación sísmica

Sección 1 (x = 0.500 m)

Altura sobre zapata (m)	Envolvente de esfuerzos			
	Axiles		Flectores	
	N _d max ⁺ (t/m)	N _d max ⁻ (t/m)	M _d max ⁺ (mt/m)	M _d max ⁻ (mt/m)
2.750	0.0	-0.0	0.0	0.0
2.700	0.0	0.0	0.0	0.0
2.292	0.4	0.3	0.0	0.0
1.833	0.7	0.7	0.1	0.1
1.375	1.1	1.0	0.2	0.2
0.917	1.4	1.4	0.5	0.4
0.458	1.8	1.7	0.9	0.9
0.300	1.9	1.9	1.1	1.1
0.230	1.9	1.9	1.2	1.2
0.050	2.1	2.0	1.5	1.4
0.000	2.1	2.1	1.6	1.5

Armadura vertical interior (lado tierras)					
Altura sobre zapata (m)	Esfuerzos armadura máxima		Armadura interior		
	N _d (t/m)	M _d (mt/m)	A _s cálculo (cm ² /m)	A _s mecánica (cm ² /m)	A _s geométrica (cm ² /m)
2.750	-0.0	0.0	0.0	4.3	2.7
2.700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
2.292	0.4	0.0	0.0	0.0	0.8
1.833	0.7	0.1	0.0	0.0	0.8
1.375	1.1	0.2	0.0	4.4	2.7
0.917	1.4	0.5	0.2	4.4	2.7
0.458	1.8	0.9	0.6	4.4	2.7
0.300	1.9	1.1	0.7	4.4	2.7
0.230	1.9	1.2	0.8	4.4	2.7
0.050	2.1	1.5	1.0	4.4	2.7
0.000	2.1	1.6	1.1	4.4	2.7

Armadura vertical exterior (lado visto)					
Altura sobre zapata (m)	Esfuerzos armadura máxima		Armadura exterior		
	N _d (t/m)	M _d (mt/m)	A _s cálculo (cm ² /m)	A _s mecánica (cm ² /m)	A _s geométrica (cm ² /m)
2.750	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8

2.700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
2.292	0.4	0.0	0.0	0.0	0.8
1.833	0.7	0.1	0.0	0.0	0.8
1.375	1.1	0.2	0.0	0.0	0.8
0.917	1.4	0.5	0.0	0.0	0.8
0.458	1.8	0.9	0.0	0.0	0.8
0.300	1.9	1.1	0.0	0.0	0.8
0.230	1.9	1.2	0.0	0.0	0.8
0.050	2.1	1.5	0.0	0.0	0.8
0.000	2.1	1.6	0.0	0.0	0.8

8.1.1.3 Envolverte de armaduras

Altura sobre zapata (m)	Armadura interior (cm ² /m)	Armadura exterior (cm ² /m)
2.750	4.3	0.8
2.700	0.8	0.8
2.292	0.8	0.8
1.833	0.8	0.8
1.375	5.0	0.8
0.917	5.0	0.8
0.458	5.0	0.8
0.300	5.1	0.8
0.230	5.1	0.8
0.050	5.1	0.8
0.000	5.1	0.8

8.1.2 Zapata

8.1.2.1 Situación persistente. Combinación fundamental

Sección 1 (x = 0.500 m)

Distancia a puntera (m)	Zarpa	Armadura inferior			
		M _d max ⁺ (mt/m)	A _s cálculo (cm ² /m)	A _s mecánica (cm ² /m)	A _s geométrica (cm ² /m)
0.099	Delantera	0.0	0.0	0.0	3.6
0.198	Delantera	0.1	0.1	0.1	3.6
0.297	Delantera	0.3	0.2	0.3	3.6
0.396	Delantera	0.5	0.3	0.5	3.6
0.495	Delantera	0.7	0.5	0.7	3.6
0.705	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6
0.904	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6
1.103	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6
1.302	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6
1.501	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6

Distancia a puntera (m)	Zarpa	Armadura superior			
		M _d max ⁻ (mt/m)	A _s cálculo (cm ² /m)	A _s mecánica (cm ² /m)	A _s geométrica (cm ² /m)
0.099	Delantera	-0.0	0.0	0.0	3.6
0.198	Delantera	-0.0	0.0	0.0	3.6
0.297	Delantera	0.0	0.0	0.0	0.0
0.396	Delantera	0.0	0.0	0.0	0.0
0.495	Delantera	0.0	0.0	0.0	0.0
0.705	Trasera	-1.6	1.1	1.5	3.6
0.904	Trasera	-1.2	0.8	1.2	3.6
1.103	Trasera	-0.9	0.6	0.9	3.6
1.302	Trasera	-0.5	0.3	0.5	3.6
1.501	Trasera	-0.2	0.1	0.2	3.6

8.1.2.2 Situación accidental. Combinación sísmica

Sección 1 (x = 0.500 m)

Distancia a puntera (m)	Zarpa	Armadura inferior			
		Md max ⁺ (mt/m)	As cálculo (cm ² /m)	As mecánica (cm ² /m)	As geométrica (cm ² /m)
0.099	Delantera	0.0	0.0	0.0	3.6
0.198	Delantera	0.1	0.0	0.1	3.6
0.297	Delantera	0.2	0.1	0.2	3.6
0.396	Delantera	0.3	0.2	0.3	3.6
0.495	Delantera	0.5	0.3	0.5	3.6
0.705	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6
0.904	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6
1.103	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6
1.302	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6
1.501	Trasera	0.0	0.0	0.0	3.6

Distancia a puntera (m)	Zarpa	Armadura superior			
		Md max ⁻ (mt/m)	As cálculo (cm ² /m)	As mecánica (cm ² /m)	As geométrica (cm ² /m)
0.099	Delantera	0.0	0.0	0.0	0.0
0.198	Delantera	0.0	0.0	0.0	0.0
0.297	Delantera	0.0	0.0	0.0	0.0
0.396	Delantera	0.0	0.0	0.0	0.0
0.495	Delantera	0.0	0.0	0.0	0.0
0.705	Trasera	-0.8	0.5	0.7	3.6
0.904	Trasera	-0.6	0.3	0.5	3.6
1.103	Trasera	-0.4	0.2	0.3	3.6
1.302	Trasera	-0.2	0.1	0.2	3.6
1.501	Trasera	-0.1	0.1	0.1	3.6

8.1.2.3 Envolvente de armaduras

Distancia a puntera (m)	Zarpa	Armadura inferior (cm ² /m)	Armadura superior (cm ² /m)
0.099	Delantera	3.6	3.6
0.198	Delantera	3.6	3.6
0.297	Delantera	3.6	0.0
0.396	Delantera	3.6	0.0
0.495	Delantera	3.6	0.0
0.705	Trasera	3.6	3.6
0.904	Trasera	3.6	3.6
1.103	Trasera	3.6	3.6
1.302	Trasera	3.6	3.6
1.501	Trasera	3.6	3.6

8.2 Resumen de verificaciones

Módulo 1. Situación persistente. Combinación fundamental. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación accidental. Combinación sísmica. Verifica la comprobación

9 ESTADO LÍMITE DE FISURACIÓN

M_k: Flector máximo. Situación persistente. Combinación cuasi permanente.

N_k: Axil concomitante. Situación persistente. Combinación cuasi permanente.

w_k: Abertura de fisura.

w_{adm} : Abertura de fisura admisible.

9.1 Módulo 1

9.1.1 Alzado

9.1.1.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente

Armadura vertical interior del alzado. Posición J.

Altura sobre zapata (m)	Armadura	N_k (t/m)	M_k (mt/m)	W_k (mm)	W_{adm} (mm)
2.750	Ø12/0.200 m	0.000	0.000	0.00	0.30
2.700	Ø12/0.200 m	0.038	0.000	0.00	0.30
2.292	Ø12/0.200 m	0.351	0.005	0.00	0.30
1.833	Ø12/0.200 m	0.701	0.050	0.00	0.30
1.375	Ø12/0.200 m	1.052	0.177	0.00	0.30
0.917	Ø12/0.200 m	1.402	0.432	0.01	0.30
0.458	Ø12/0.200 m	1.753	0.857	0.03	0.30
0.300	Ø12/0.200 m	1.874	1.052	0.04	0.30
0.230	Ø12/0.200 m	1.927	1.147	0.05	0.30
0.050	Ø12/0.200 m	2.065	1.401	0.06	0.30
0.000	Ø12/0.200 m	2.103	1.466	0.06	0.30

Armadura vertical exterior del alzado. Posición M.

Altura sobre zapata (m)	Armadura	N_k (t/m)	M_k (mt/m)	W_k (mm)	W_{adm} (mm)
2.750	Ø10/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
2.700	Ø10/0.300 m	0.038	0.000	0.00	0.30
2.292	Ø10/0.300 m	0.351	0.005	0.00	0.30
1.833	Ø10/0.300 m	0.701	0.050	0.00	0.30
1.375	Ø10/0.300 m	1.052	0.177	0.00	0.30
0.917	Ø10/0.300 m	1.402	0.432	0.00	0.30
0.458	Ø10/0.300 m	1.753	0.857	0.00	0.30
0.300	Ø10/0.300 m	1.874	1.052	0.01	0.30
0.230	Ø10/0.300 m	1.927	1.147	0.01	0.30
0.050	Ø10/0.300 m	2.065	1.401	0.01	0.30
0.000	Ø10/0.300 m	2.103	1.466	0.01	0.30

9.1.2 Zapata

9.1.2.1 Situación persistente. Combinación cuasi permanente

Armadura transversal inferior de la zapata. Posición B.

Distancia a puntera (m)	Zarpa	Armadura	N_k (t/m)	M_k (mt/m)	W_k (mm)	W_{adm} (mm)
0.099	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.020	0.00	0.30
0.198	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.080	0.01	0.30
0.297	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.181	0.01	0.30
0.396	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.322	0.02	0.30
0.495	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.504	0.03	0.30
0.705	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
0.904	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
1.103	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
1.302	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
1.501	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30

Armadura transversal superior de la zapata. Posición E.

Distancia a puntera (m)	Zarpa	Armadura	N _k (t/m)	M _k (mt/m)	W _k (mm)	W _{adm} (mm)
0.099	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
0.198	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
0.297	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
0.396	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
0.495	Delantera	Ø12/0.300 m	0.000	0.000	0.00	0.30
0.705	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	-0.723	0.05	0.30
0.904	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	-0.508	0.03	0.30
1.103	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	-0.324	0.02	0.30
1.302	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	-0.176	0.01	0.30
1.501	Trasera	Ø12/0.300 m	0.000	-0.066	0.00	0.30

9.2 Resumen de verificaciones

Módulo 1. Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Verifica la comprobación

10 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE ROTURA POR CORTANTE

10.1 Módulo 1

10.1.1 Alzado

10.1.1.1 Situación persistente. Combinación fundamental

Sección 1 (x = 0.500 m)

Altura sobre zapata (m)	Envolvente de esfuerzos						
	Axiles		Cortantes		Esfuerzos armadura máxima		
	N _d max ⁺ (t/m)	N _d max ⁻ (t/m)	V _d max ⁺ (t/m)	V _d max ⁻ (t/m)	N _d (t/m)	V _d (t/m)	M _d (mt/m)
2.750	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.700	0.1	0.0	0.0	-0.0	0.1	0.0	0.0
2.292	0.5	0.4	0.1	0.0	0.4	0.1	0.0
1.833	0.9	0.7	0.3	0.2	0.7	0.3	0.1
1.375	1.4	1.1	0.6	0.4	1.1	0.6	0.3
0.917	1.9	1.4	1.1	0.7	1.4	1.1	0.6
0.458	2.4	1.8	1.7	1.1	1.8	1.7	1.3
0.300	2.5	1.9	2.0	1.3	1.9	2.0	1.6
0.230	2.6	1.9	2.1	1.4	1.9	2.1	1.7
0.050	2.8	2.1	2.2	1.3	2.1	2.2	2.1
0.000	2.8	2.1	2.0	1.0	2.1	2.0	2.2

Altura sobre zapata (m)	Verificación por agotamiento de las bielas de compresión			Observaciones
	V _d (t/m)	V _{u1} (t/m)	V _d / V _{u1}	
2.750	0.0			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
2.700	0.0			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
2.292	0.1			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.833	0.3			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.375	0.6			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del

0.917	1.1	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.458	1.7	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.300	2.0	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.230	2.1	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.050	2.2	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.000	2.0	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma

Altura sobre zapata (m)	Armadura de cortante						
	V _d (t/m)	V _{cu} (t/m)	V _{su} (t/m)	V _{u2} (t/m)	A _t (cm ² /m ²)	A _{t min} (cm ² /m ²)	S _{max long} (m)
2.750	0.0			24.3	0.0	0.0	
2.700	0.0			24.3	0.0	0.0	
2.292	0.1			24.4	0.0	0.0	
1.833	0.3			24.5	0.0	0.0	
1.375	0.6			24.7	0.0	0.0	
0.917	1.1			24.8	0.0	0.0	
0.458	1.7			24.9	0.0	0.0	
0.300	2.0			24.9	0.0	0.0	
0.230	2.1			24.9	0.0	0.0	
0.050	2.2			16.0	0.0	0.0	
0.000	2.0			16.0	0.0	0.0	

10.1.1.2 Situación accidental. Combinación sísmica

Sección 1 (x = 0.500 m)

Altura sobre zapata (m)	Envolvente de esfuerzos						
	Axiles		Cortantes		Esfuerzos armadura máxima		
	N _{d max} ⁺ (t/m)	N _{d max} ⁻ (t/m)	V _{d max} ⁺ (t/m)	V _{d max} ⁻ (t/m)	N _d (t/m)	V _d (t/m)	M _d (mt/m)
2.750	0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0
2.700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.292	0.4	0.3	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
1.833	0.7	0.7	0.2	0.2	0.7	0.2	0.1
1.375	1.1	1.0	0.4	0.4	1.1	0.4	0.2
0.917	1.4	1.4	0.8	0.7	1.4	0.8	0.5
0.458	1.8	1.7	1.2	1.2	1.8	1.2	0.9
0.300	1.9	1.9	1.4	1.3	1.9	1.4	1.1
0.230	1.9	1.9	1.4	1.4	1.9	1.4	1.2
0.050	2.1	2.0	1.5	1.4	2.1	1.5	1.5
0.000	2.1	2.1	1.2	1.2	2.1	1.2	1.6

Altura sobre zapata (m)	Verificación por agotamiento de las bielas de compresión			
	V _d (t/m)	V _{u1} (t/m)	V _d / V _{u1}	Observaciones
2.750	0.0			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
2.700	0.0			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
2.292	0.0			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.833	0.2			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.375	0.4			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del

0.917	0.8	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.458	1.2	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.300	1.4	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.230	1.4	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.050	1.5	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.000	1.2	alma No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma

Altura sobre zapata (m)	Armadura de cortante							S _{max} long (m)	S _{max} trans (m)
	V _d (t/m)	V _{cu} (t/m)	V _{su} (t/m)	V _{u2} (t/m)	A _t (cm ² /m ²)	A _t min (cm ² /m ²)			
2.750	0.0			28.1	0.0	0.0			
2.700	0.0			28.1	0.0	0.0			
2.292	0.0			28.2	0.0	0.0			
1.833	0.2			28.3	0.0	0.0			
1.375	0.4			28.4	0.0	0.0			
0.917	0.8			28.5	0.0	0.0			
0.458	1.2			28.6	0.0	0.0			
0.300	1.4			28.7	0.0	0.0			
0.230	1.4			28.7	0.0	0.0			
0.050	1.5			28.7	0.0	0.0			
0.000	1.2			28.7	0.0	0.0			

10.1.1.3 Envolvente de armaduras

Altura sobre zapata (m)	Armadura (cm ² /m ²)
2.750	0.0
2.700	0.0
2.292	0.0
1.833	0.0
1.375	0.0
0.917	0.0
0.458	0.0
0.300	0.0
0.230	0.0
0.050	0.0
0.000	0.0

10.1.2 Zapata

10.1.2.1 Situación persistente. Combinación fundamental

Sección 1 (x = 0.500 m)

		Envolvente de esfuerzos			
		Cortantes		Esfuerzos armadura máxima	
Distancia a puntera (m)	Zarpa	V _d max ⁺ (t/m)	V _d max ⁻ (t/m)	V _d (t/m)	M _d (mt/m)
0.020	Delantera	0.0	-0.1	-0.1	0.0
0.450	Delantera	0.0	-2.7	-2.7	0.6
0.750	Trasera	0.0	-2.2	-2.2	-1.4
1.183	Trasera	0.0	-1.9	-1.9	-0.7
1.390	Trasera	0.0	-2.0	-2.0	-0.3
1.597	Trasera	0.0	-0.9	-0.9	-0.0

Verificación por agotamiento de las bielas de compresión				
Distancia a puntera (m)	V_d (t/m)	V_{u1} (t/m)	V_d / V_{u1}	Observaciones
0.020	-0.1			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.450	-2.7			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.750	-2.2			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.183	-1.9			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.390	-2.0			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.597	-0.9			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma

Armadura de cortante								
Distancia a puntera (m)	V_d (t/m)	V_{cu} (t/m)	V_{su} (t/m)	V_{u2} (t/m)	A_t (cm ² /m ²)	$A_{t \min}$ (cm ² /m ²)	$S_{\max \text{ long}}$ (m)	$S_{\max \text{ trans}}$ (m)
0.020	-0.1			32.5	0	0		
0.450	-2.7			32.5	0	0		
0.750	-2.2			32.5	0	0		
1.183	-1.9			32.5	0	0		
1.390	-2.0			32.5	0	0		
1.597	-0.9			32.5	0	0		

10.1.2.2 Situación accidental. Combinación sísmica

Sección 1 ($x = 0.500 \text{ m}$)

Envolvente de esfuerzos					
Distancia a puntera (m)	Zarpa	Cortantes		Esfuerzos armadura máxima	
		$V_d \max^+$ (t/m)	$V_d \max^-$ (t/m)	V_d (t/m)	M_d (mt/m)
0.020	Delantera	0.0	-0.1	-0.1	0.0
0.450	Delantera	0.0	-1.9	-1.9	0.4
0.750	Trasera	0.0	-1.2	-1.2	-0.8
1.183	Trasera	0.0	-0.9	-0.9	-0.3
1.390	Trasera	0.0	-0.7	-0.7	-0.2
1.597	Trasera	0.0	-0.5	-0.5	-0.0

Verificación por agotamiento de las bielas de compresión				
Distancia a puntera (m)	V_d (t/m)	V_{u1} (t/m)	V_d / V_{u1}	Observaciones
0.020	-0.1			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.450	-1.9			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
0.750	-1.2			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.183	-0.9			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.390	-0.7			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma
1.597	-0.5			No es necesaria la verificación por compresión oblicua del alma

Armadura de cortante								
----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

Distancia a puntera (m)	V_d (t/m)	V_{cu} (t/m)	V_{su} (t/m)	V_{u2} (t/m)	A_t (cm ² /m ²)	$A_{t \text{ min}}$ (cm ² /m ²)	$S_{\text{max long}}$ (m)	$S_{\text{max trans}}$ (m)
0.020	-0.1			37.5	0	0		
0.450	-1.9			37.5	0	0		
0.750	-1.2			37.5	0	0		
1.183	-0.9			37.5	0	0		
1.390	-0.7			37.5	0	0		
1.597	-0.5			37.5	0	0		

10.1.2.3 Envolvente de armaduras

Distancia a puntera (m)	Armadura (cm ² /m ²)
0.020	0.0
0.450	0.0
0.750	0.0
1.183	0.0
1.390	0.0
1.597	0.0

10.2 Resumen de verificaciones

Módulo 1. Situación persistente. Combinación fundamental. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación accidental. Combinación sísmica. Verifica la comprobación

11 ESTADO LÍMITE DE DEFORMACIONES

Los movimientos calculados corresponden a la deformación del alzado del muro, no incluyendo por tanto los movimientos derivados del giro de la cimentación.

Los movimientos y giros corresponden a las deformaciones elásticas, es decir, considerando inercias no fisuradas. Tampoco incluyen la deformación por efectos reológicos (fluencia).

11.1 Módulo 1

Movimientos en coronación por cada acción

Acción	Hip: U_x (mm)	U_x , máximo G (rad)	Hip: U_x (mm)	$G_{\text{máximo}}$ G (rad)
Empuje activo de las tierras del trasdós	0.4	0.000162	0.3	0.000162
Empuje pasivo de las tierras en puntera	0.0	0.000000	0.0	0.000000
Sismo	0.0	0.000013	0.0	0.000013
Sismo	0.0	0.000013	0.0	0.000013

U_x : desplazamiento horizontal

G : giro

Movimientos totales

Combinación	Hip: U_x (mm)	U_x , máximo G (rad)	Hip: U_x (mm)	$G_{\text{máximo}}$ G (rad)
Situación persistente. Combinación cuasi permanente	0.4	0.000161	0.4	0.000161
Situación persistente. Combinación frecuente	0.4	0.000161	0.4	0.000161
Situación persistente. Combinación característica	0.4	0.000161	0.4	0.000161

U_x : desplazamiento horizontal

G : giro

$U_{x\max} = 0.4 \text{ mm} < U_{x\text{admisible}} = 20.0 \text{ mm} \rightarrow$ **Cumple a deformación.**

11.2 Resumen de verificaciones

Módulo 1. Situación persistente. Combinación cuasi permanente. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación persistente. Combinación frecuente. Verifica la comprobación

Módulo 1. Situación persistente. Combinación característica. Verifica la comprobación

12 VERIFICACIÓN DEL DESPIECE

Módulo 1 : Generación correcta del despiece de la armadura.

APÉNDICE 1. ESTABILIDAD DE TALUDES DE EXCAVACIÓN

CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO PARA LA SECCIÓN DE EXCAVACIÓN MÁS DESFAVORABLE.
(Htalud = 4m, pendiente del talud: 4V-1H, FS al deslizamiento ≥ 1.5)

