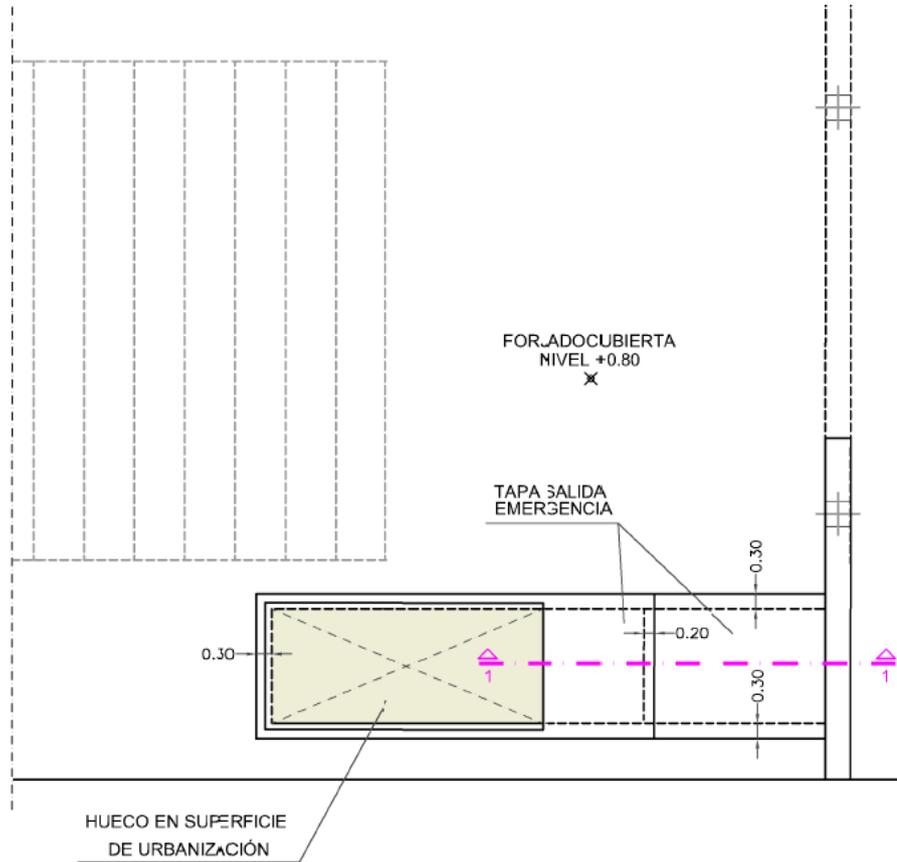


ANEJO N° 7.

MODIFICACIÓN DE LA SALIDA DE EMERGENCIA PASAIA



NOTA TÉCNICA: JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE ELEMENTOS DE URBANIZACIÓN DE SALIDA DE EMERGENCIA

V02-MARZO 2024

INDICE:

| | |
|--|-----------|
| 1. Objeto..... | 1 |
| 2. Descripción de la solución adoptada | 1 |
| 3. Materiales empleados | 2 |
| 3.1. Hormigón | 2 |
| 3.2. Ambientes y agresividad..... | 3 |
| 4. Acciones consideradas..... | 3 |
| 4.1. Peso propio..... | 3 |
| 4.2. Carga muerta..... | 3 |
| 4.3. Empuje del terreno | 3 |
| 4.4. Sobrecarga de uso | 3 |
| 5. Coeficientes de seguridad | 4 |
| 5.1. Coeficientes parciales de seguridad de las acciones..... | 4 |
| 5.2. Coeficientes parciales de seguridad de los materiales | 4 |
| 6. Hipótesis generales de cálculo | 4 |
| 7. Justificación estructural | 5 |
| 7.1. Modelos de cálculo | 5 |
| 7.2. Definición de esfuerzos | 5 |
| 7.2.1. Losas..... | 6 |
| 7.2.2. Muros | 9 |
| 7.3. Comprobaciones seccionales..... | 12 |
| 7.3.1. ELU flexión..... | 12 |
| 7.3.2. ELU Cortante | 14 |
| 7.3.3. ELS fisuración | 15 |
| 8. Normativa y recomendaciones empleadas | 16 |

1. Objeto

La presente nota de cálculo hace referencia al proyecto: “*Proyecto constructivo del metro de donostialdea. Tramo: altza – galtzaraborda*” y tiene por objeto justificar estructuralmente las pequeñas estructuras de urbanización que se ejecutarán sobre la cubierta de la estación de Pasaia para formalizar la salida de emergencia.

2. Descripción de la solución adoptada

La salida de emergencia se formaliza a través de una escalera que llega a nivel de urbanización para lo cual precisa de una serie de muros que sirvan de apoyo a las escaleras en la llegada, que contengan el terreno entre la cota de urbanización y la de cara superior de la losa así como servir de apoyo a esta propia losa. Se instalará una compuerta hidráulica que se abrirá en situación de emergencia y que se unirá a la losa de hormigón superior proyectada. Se muestra, a continuación, una imagen en planta de la subestructura calculada:

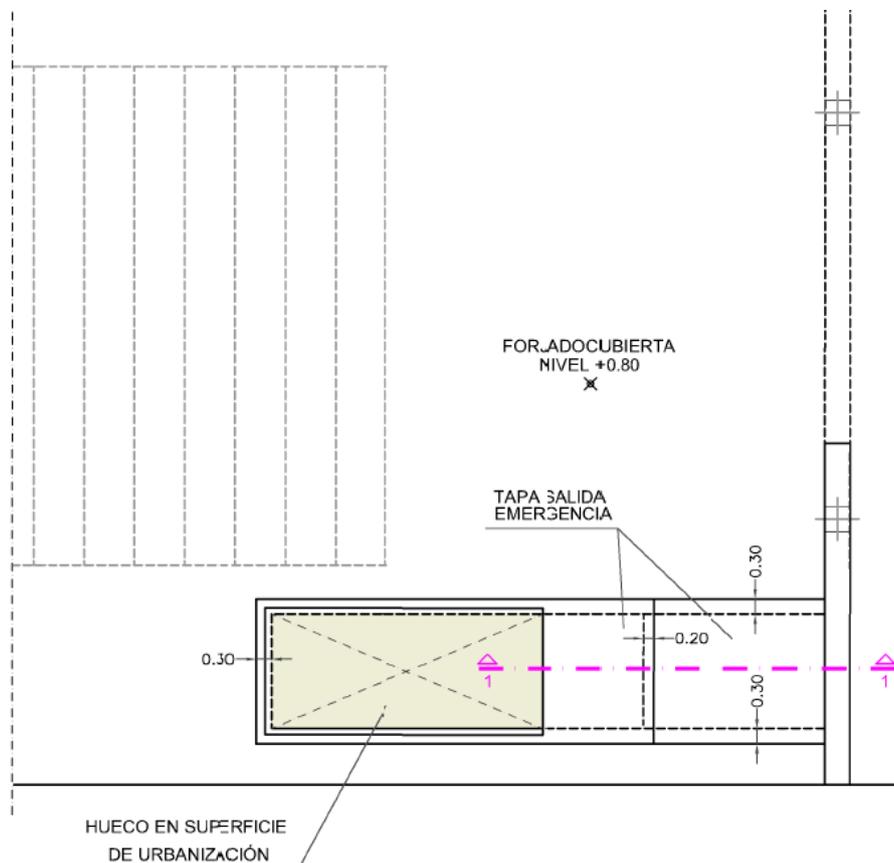


Fig.1: Salida de emergencia_Planta

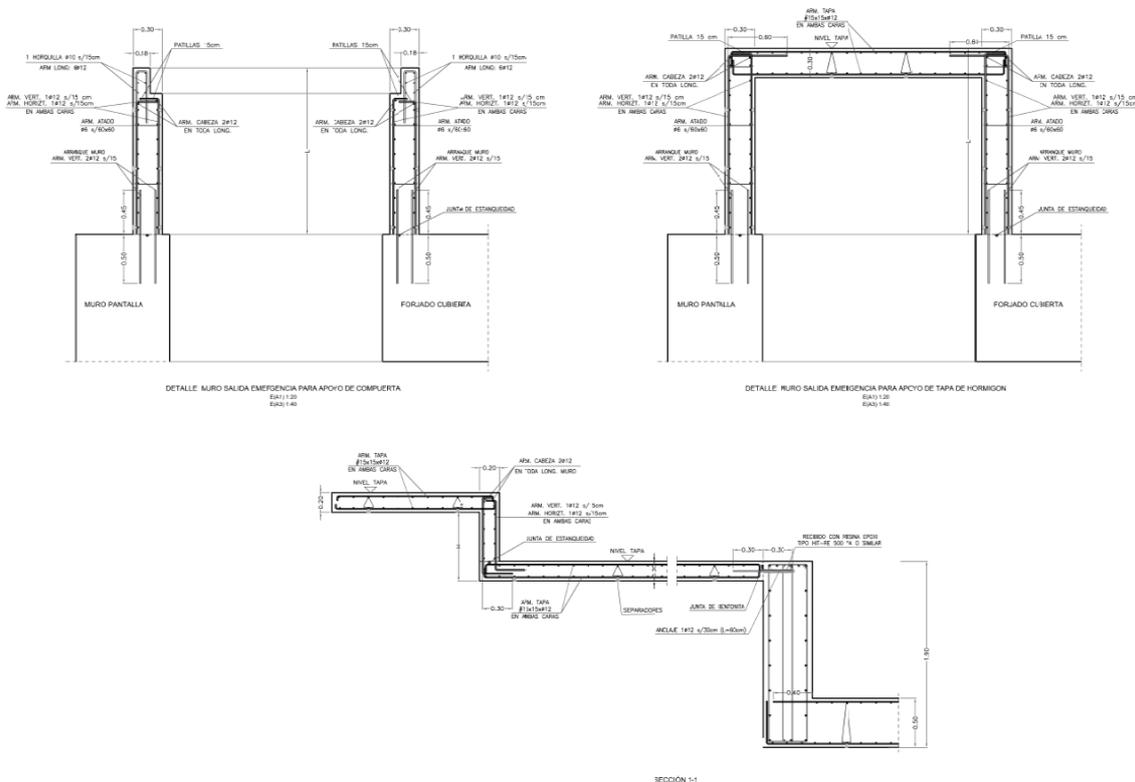


Fig.2: Salida de emergencia. Secciones transversales

3. Materiales empleados

3.1. Hormigón

| | | |
|--|------------------------|--------------------------|
| Hormigón HA-35/B/12/IIIc+Qb Elementos de urbanización | Árido | Machacado |
| | Tamaño árido | 12 mm |
| | Cemento | CEM III A- 42,5R-SR |
| | Consistencia | Blanda |
| | Asiento C.A. | 6/9 cm. |
| | Aditivo | Fluidificante |
| | Compactación | Vibrado |
| | f_{ck} a los 7 días | > 24,5 N/mm ² |
| | f_{ck} a los 28 días | > 35 N/mm ² |
| | Min. Cemento | >350 kg/m ³ |
| | Max. a/c | < 0,45 |
| | r_{nom} | > 50 mm |

Nota: la dosificación concreta del hormigón se propondrá por la contrata, teniendo en cuenta también criterios de ejecución, y se aprobará por la Dirección de Obra.

Los recubrimientos a emplear son de 50mm correspondientes a una vida útil de 100años y una clase general de exposición IIIc.

Los recubrimientos estarán en consonancia con los ambientes de exposición seleccionados teniendo en cuenta que el **nivel de control será intenso**.

Todo el acero empleado en la elaboración de las armaduras será el prescrito por la Instrucción de Hormigón Estructural EHE, designado como B500SD.

3.2. Ambientes y agresividad

De acuerdo con el criterio establecido en proyecto se consideran los siguientes tipos de ambiente:

1. Interior de la estación: Tipo de ambiente IIa. Abertura de fisura 0,30mm.
2. Zona exterior a cota superior a +0,00: Tipo de ambiente IIIc+Qb. Abertura de fisura 0,10mm.

NOTA: Esta consideración es muy conservadora ya que el tipo de ambiente IIIc se define en la EHE-08 de la siguiente forma

“Elementos de estructuras marinas situadas en la zona de salpicaduras o en zona de carrera de mareas:

- *Zonas situadas en el recorrido de marea de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral.*
- *Zonas de pilas de puentes sobre el mar, situadas en el recorrido de marea”.*

A pesar de que, según algunos ensayos, el agua correspondiente al nivel freático presenta salinidad, no existe la renovación de oxígeno ni los continuos procesos de “mojado-secado” que se presentan en los casos de ejemplo que define la EHE-08.

En conclusión, el proceso de corrosión de una estructura enterrada con presencia de cloruros es mucho menos acusado que el de una estructura como las descritas por la normativa para el tipo de ambiente IIIc. Por todo lo anterior, se entiende que el ambiente más adecuado a considerar debería ser el IIIb+Qb, con una limitación de apertura de fisura de 0,20mm. No obstante, se mantiene la limitación de 0,10mm impuesta en proyecto.

Para elementos en superficie se considera ambiente IIIa con una limitación de la apertura de fisura de 0,20mm.

4. Acciones consideradas

4.1. Peso propio

Se toma un peso específico de 25 kN/m³ para los elementos ejecutados en hormigón armado y de 78,5 kN/m³ para los elementos de acero.

4.2. Carga muerta

Se considera una altura de rellenos/urbanización sobre la losa superior en la zona que queda bajo rasante de unos 30cm. Para un peso específico medio de 22kN/m³ se tiene una carga uniformemente repartida de valor: 6,6kN/m².

Adicionalmente se considera el peso de la compuerta que es 3700kg aplicado en los dos lados largos del hueco como una carga linealmente repartida de valor 3,50 kN/m.

4.3. Empuje del terreno

Se considera empuje del terreno en reposo con un K₀ de valor 0,50.

4.4. Sobrecarga de uso

Se considera una sobrecarga de uso de valor 15kN/m² como en el cálculo de la cubierta de la estación de Pasaia.

5. Coeficientes de seguridad

5.1. Coeficientes parciales de seguridad de las acciones

Los coeficientes parciales de seguridad tomados para la combinación de acciones son:

En cálculos relativos a la estabilidad de la estructura (Situación persistente o transitoria):

| Tipo de acción | Efecto Favorable | Efecto Desfavorable |
|---------------------------|------------------|---------------------|
| Peso propio, peso terreno | $\gamma_G=0,90$ | $\gamma_G=1,10$ |
| Variable | $\gamma_G=0,00$ | $\gamma_Q=1,50$ |

En cálculos relativos a estados límites últimos:

| Tipo de acción | Efecto Favorable | Efecto Desfavorable |
|----------------------------------|------------------|---------------------|
| Permanente | $\gamma_G=1,00$ | $\gamma_G=1,35$ |
| Permanente de valor no constante | $\gamma_G=0,80$ | $\gamma_G=1,50$ |
| Variable | $\gamma_G=0,00$ | $\gamma_Q=1,50$ |
| Empuje hidrostático | $\gamma_G=1,00$ | $\gamma_Q=1,20$ |

NOTA: Dado que en los modelos de cálculo los esfuerzos se obtienen en servicio y no es posible establecer combinaciones de acciones es preciso determinar un coeficiente de mayoración de acciones global para todas las cargas, independientemente de cual sea su naturaleza. De forma conservadora y siguiendo criterio de proyecto se adopta un valor único de 1,50.

En cálculos relativos a estados límites de servicio:

| Tipo de acción | Efecto Favorable | Efecto Desfavorable |
|----------------|------------------|---------------------|
| Permanente | $\gamma_G=1,00$ | $\gamma_G=1,00$ |
| Variable | $\gamma_G=0,00$ | $\gamma_Q=1,00$ |

5.2. Coeficientes parciales de seguridad de los materiales

Para las estructuras de hormigón armado se adoptan los siguientes valores de coeficientes parciales de seguridad para el acero y para el hormigón:

a) En cálculos relativos a estados límites últimos.

| Situación de proyecto | Hormigón γ_c | Acero γ_s |
|---------------------------|---------------------|------------------|
| Persistente o transitoria | 1,50 | 1,15 |
| Accidental | 1,35 | 1,00 |

b) En cálculos relativos a estados límites de servicio se toman coeficientes iguales a la unidad tanto para el acero como para el hormigón.

6. Hipótesis generales de cálculo

Para el cálculo de los esfuerzos que se generan sobre cada elemento de la estructura se consideran como suficientemente aproximadas las hipótesis clásicas de la teoría de resistencia de materiales y del cálculo de estructuras:

- Estructura estáticamente lineal: Los movimientos que se producen en la estructura son muy pequeños en relación con las dimensiones de ésta; el equilibrio se puede entonces plantear en su geometría sin deformar, realizando el cálculo general de esfuerzos en teoría de primer orden.
- Estructura cinemáticamente lineal: Los movimientos de segundo orden no son significativos frente a los de primer orden, que serán los que finalmente entren en las ecuaciones de compatibilidad.

- c) Material lineal: Derivada de la ley de Hook, implica que los materiales empleados se comportan de acuerdo a leyes de tensión-deformación elástica y lineal.
- d) Validez de la hipótesis de Navier-Bernoulli: Las secciones transversales de las barras, que eran planas y perpendiculares a su eje antes de la deformación, permanecen planas y normales a este después de ocurrir la deformación.
- e) Deformación nula de cortante: La deformación de los elementos debido a las esfuerzos de cortante son lo suficientemente pequeñas como para ser despreciados en el cálculo, considerando únicamente deformación por axil y por flexión.

Las hipótesis aquí expuestas se refieren al cálculo global de la estructura. Cuando se empleen otras distintas o complementarias en el estudio y dimensionamiento de efectos locales, se reflejarán estas nuevas hipótesis adicionales en el apartado correspondiente de la presente memoria.

7. Justificación estructural

7.1. Modelos de cálculo

Se ha realizado un modelo de cálculo en el que se ha incluido toda la estructura proyectada:

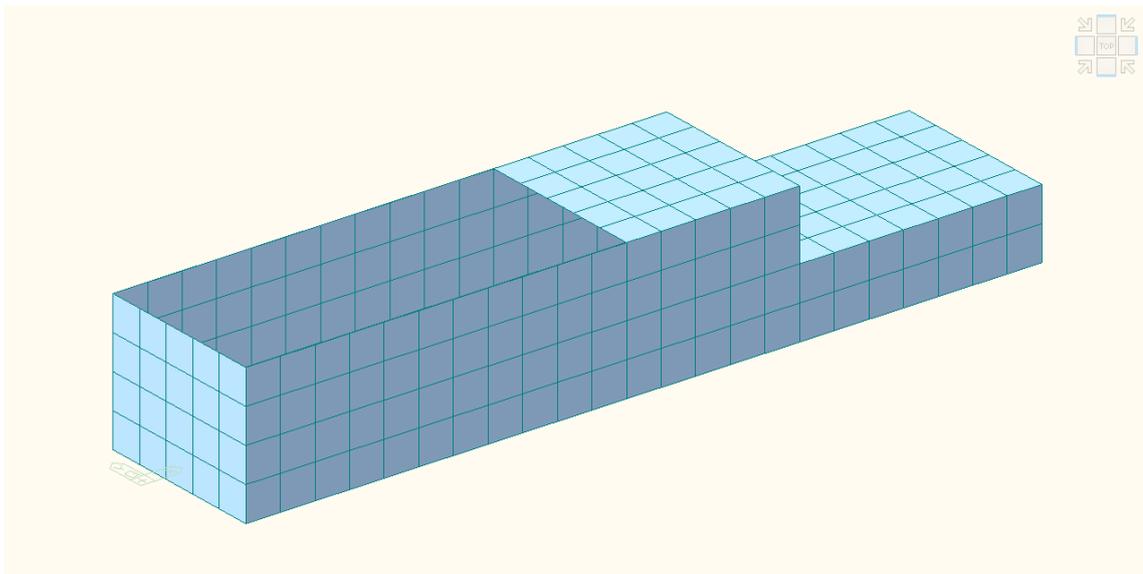


Figura 3. Modelos de cálculo realizados

7.2. Definición de esfuerzos

Antes de mostrar los esfuerzos de cálculo se indican los ejes de cálculo:

- Los momentos en dirección XX en la losa se corresponden con aquellos que generan tracciones en la dirección larga de la losa. En consecuencia los cortantes en dirección XX son los que generan esfuerzos cortantes verticales a lo largo del lado corto de la losa. La dirección YY es ortogonal al a XX.

7.2.1. Losas

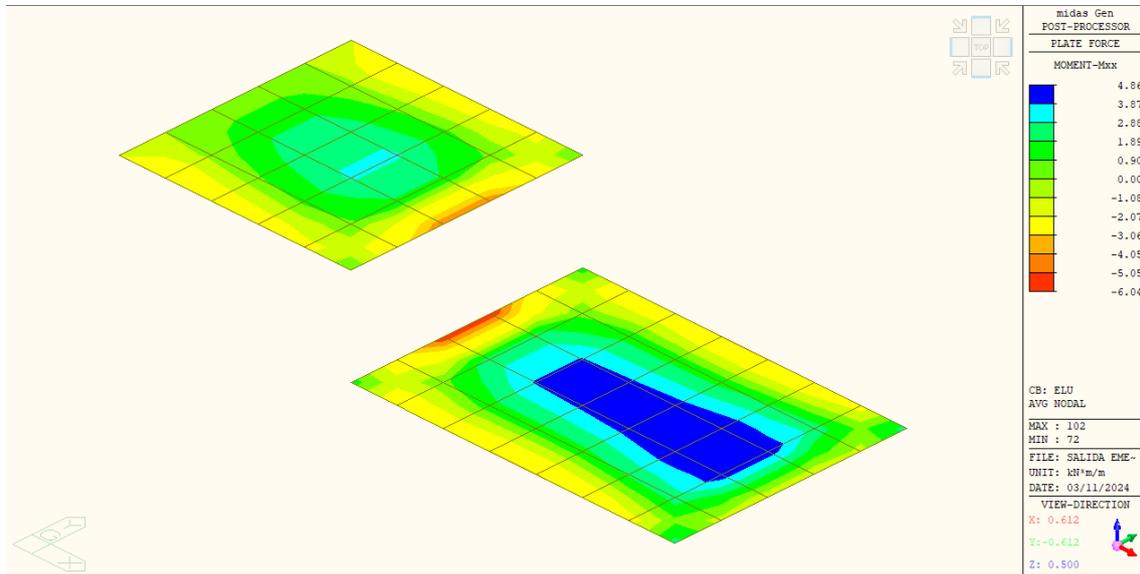


Figura 4. Momento flector Mxx (ELU)

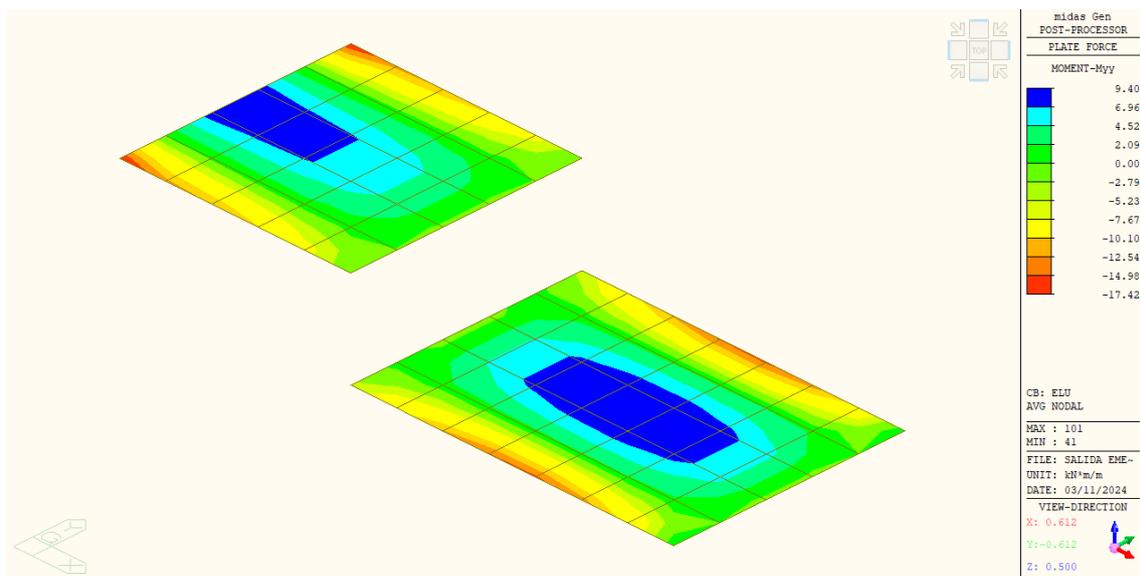


Figura 5. Momento flector Myy (ELU)

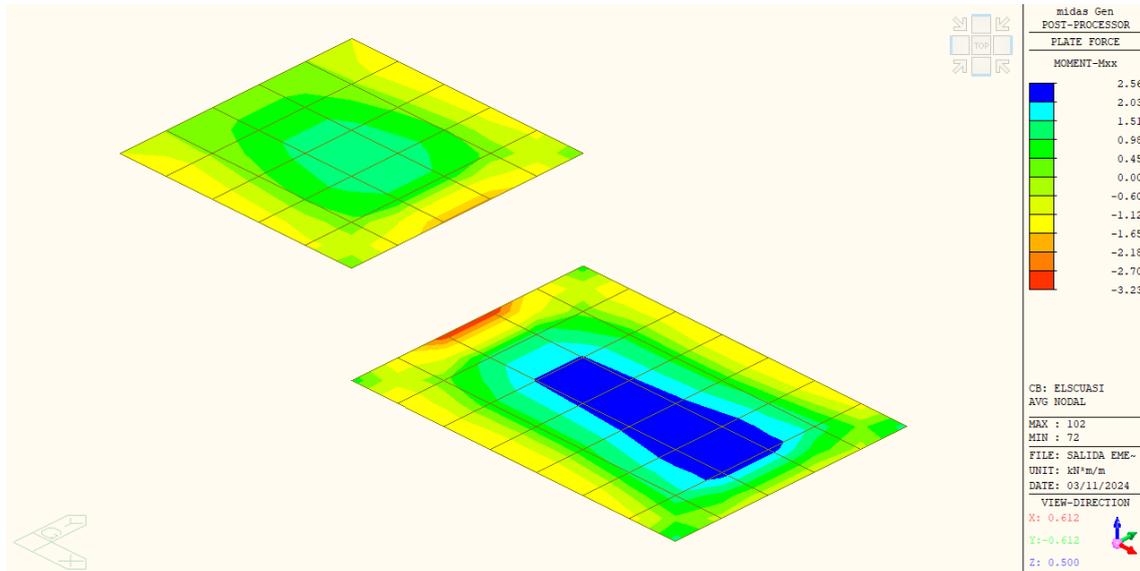


Figura 6. Momento flector Mxx (ELS cuasipermanente)

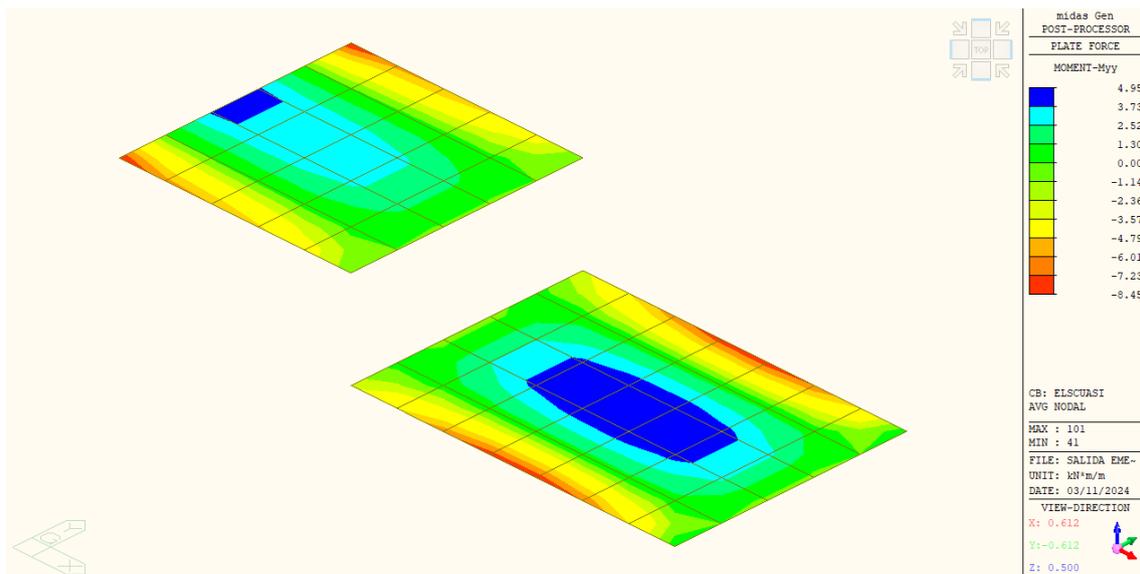


Figura 7. Momento flector Myy (ELS cuasipermanente)

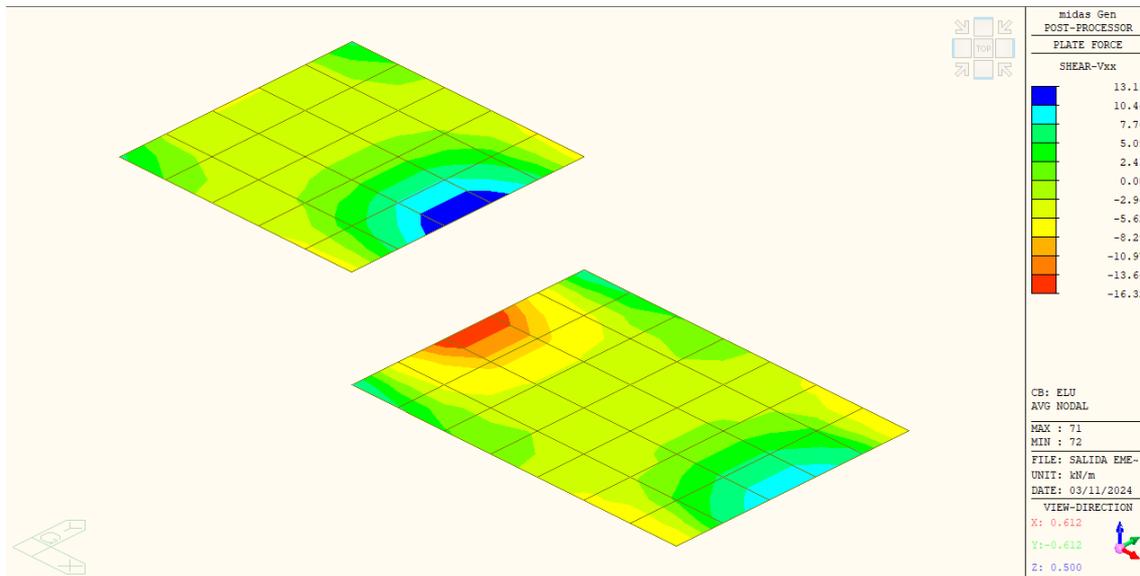


Figura 8. Esfuerzo cortante Vxx (ELU)

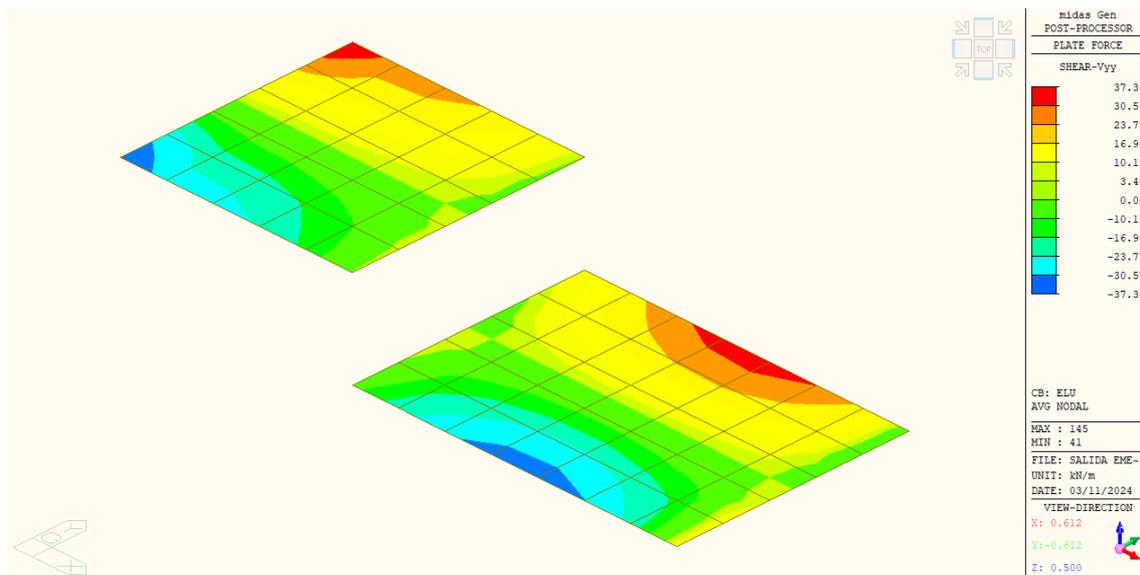


Figura 9. Esfuerzo cortante Vyy (ELU)

7.2.2. Muros

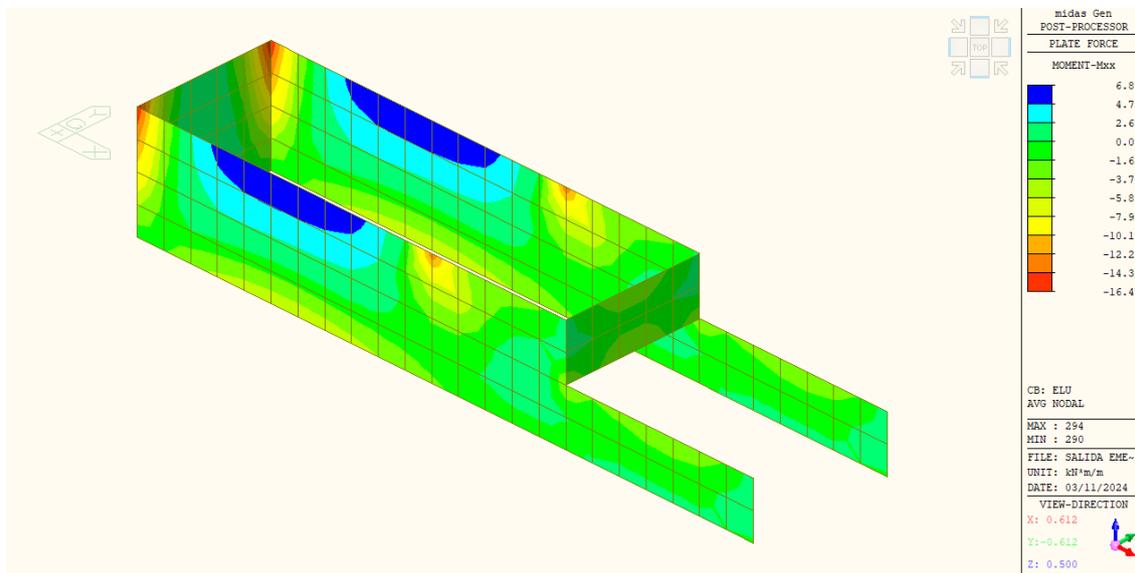


Figura 10. Momento flector horizontal Mxx (ELU)

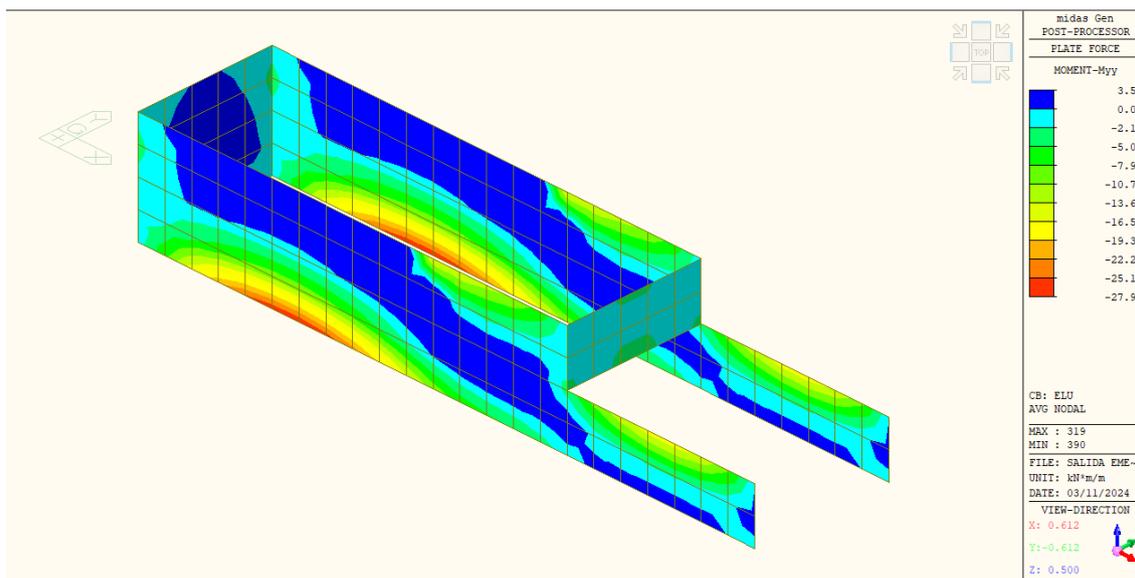


Figura 11. Momento flector vertical Myy (ELU)

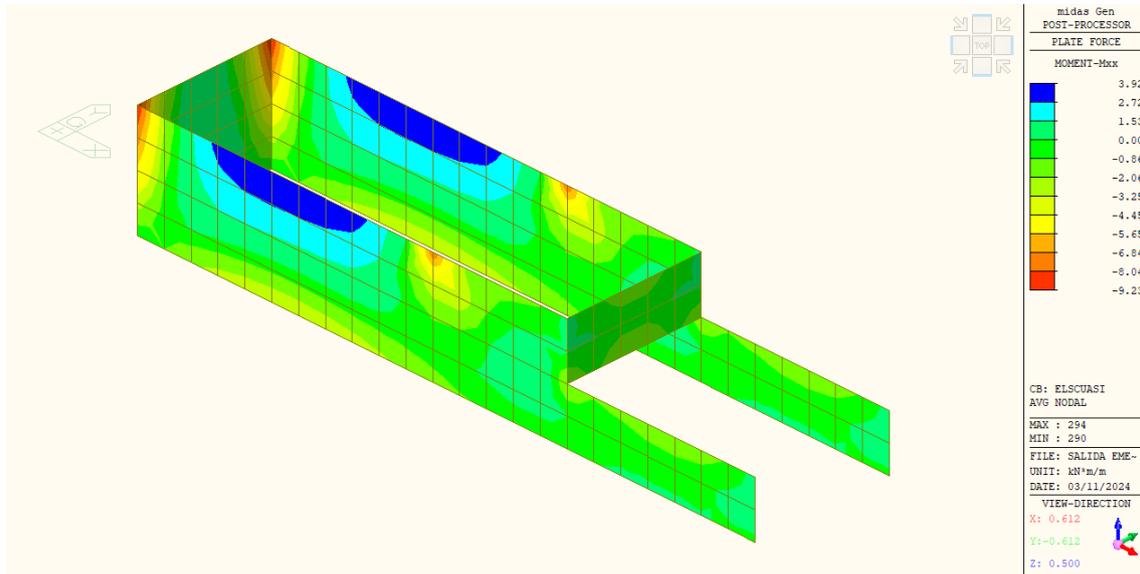


Figura 12. Momento flector horizontal Mxx (ELS cuasipermanente)

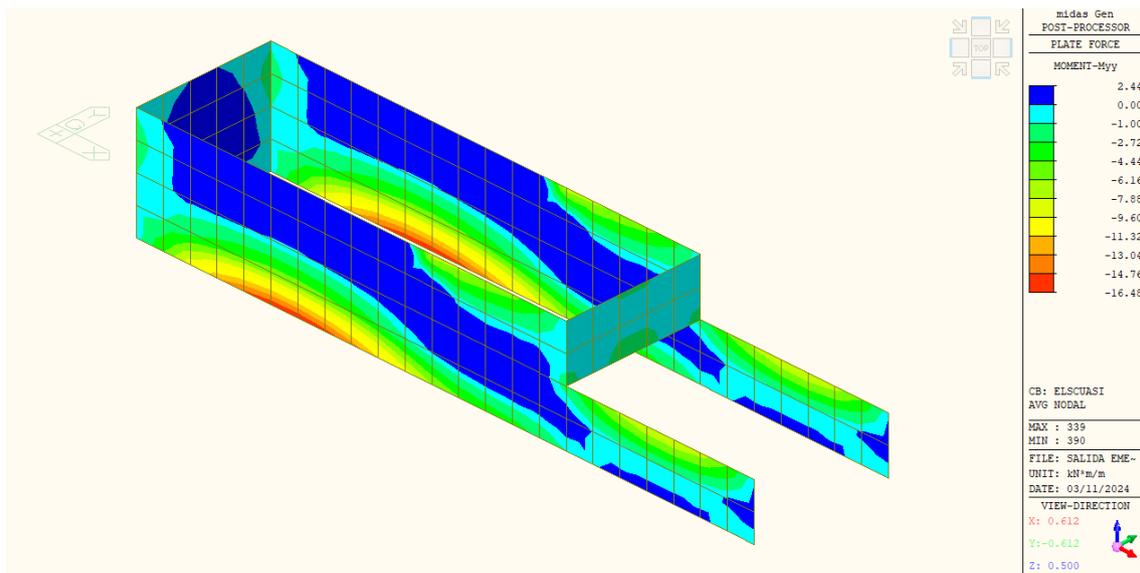


Figura 13. Momento flector vertical Myy (ELS cuasipermanente)

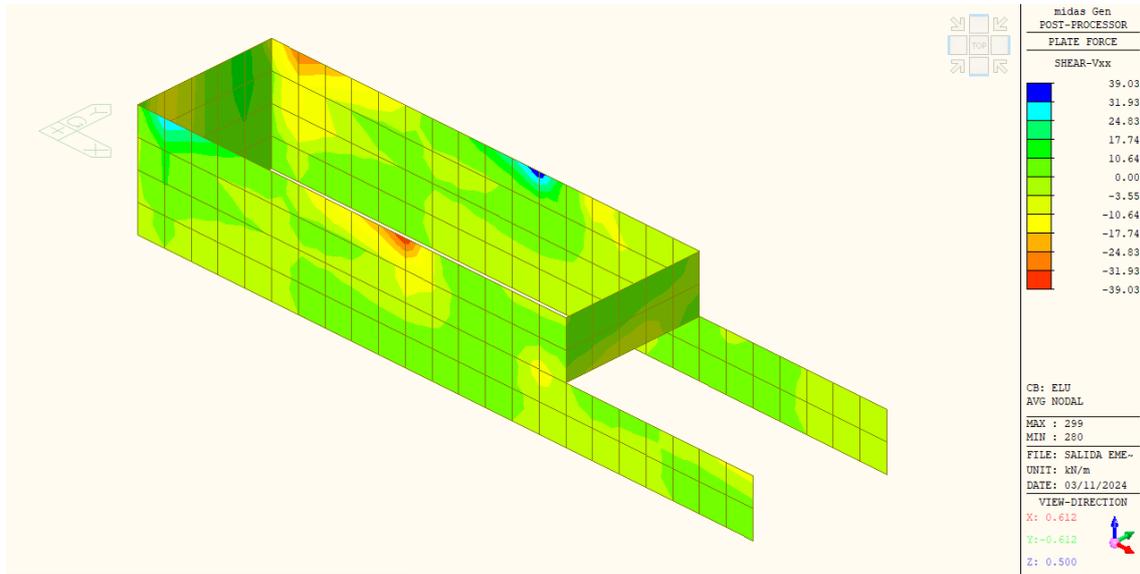


Figura 14. Esfuerzo cortante Vxx (ELU)

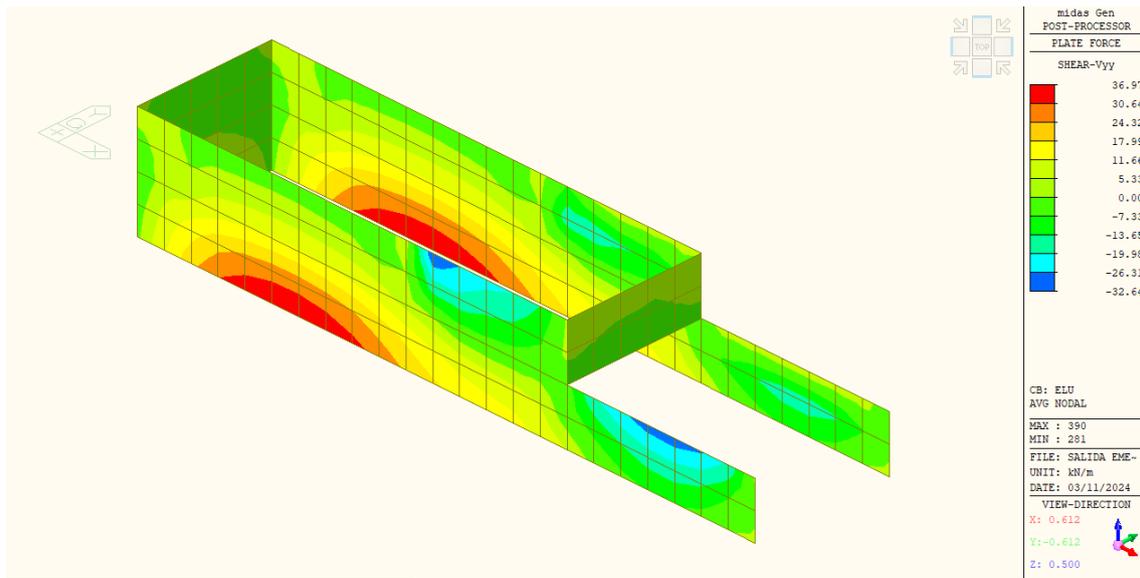


Figura 15. Esfuerzo cortante Vyy (ELU)

7.3. Comprobaciones seccionales

7.3.1. ELU flexión

Se realiza el dimensionamiento y comprobación a flexo-compresión de secciones de hormigón armado en base al Art.42 de la EHE-08. Se calcula la armadura necesaria en la sección, tanto para resistir las sollicitaciones de cálculo, como para cumplir las cuantías mínimas geométricas y mecánicas impuestas por la normativa. Para el cálculo se emplea el diagrama rectangular estableciendo el equilibrio seccional y permitiéndose el cálculo en los dominios de deformación 1, 2 y 3.

- Se comprueba que se cumplen las cuantías mínimas geométricas para losas y muros, tanto para armadura traccionada como para armadura comprimida.

- o Losas 20 cm espesor

$$A_{s,min} > 0.9\text{‰} \cdot A_C = \frac{0.9}{10^3} \cdot 200 \cdot 10^3 = 180 \text{ mm}^2$$

$$A'_{s,min} > 30\% \cdot A_{s,real}$$

- o Muros 30cm espesor

$$A_{s,min,ver} > 0.9\text{‰} \cdot A_C = \frac{0.9}{10^3} \cdot 300 \cdot 10^3 = 270 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min,hzta} > 1.6\text{‰} \cdot A_C = \frac{1.6}{10^3} \cdot 300 \cdot 10^3 = 480 \text{ mm}^2$$

- Se comprueba que se cumplen las cuantías mínimas mecánicas ya que los momentos resistentes de todas las secciones son superiores a los momentos de fisuración de la sección bruta.

Se muestra, a continuación el momento último de la sección de losa y muro con la armadura proyectada:

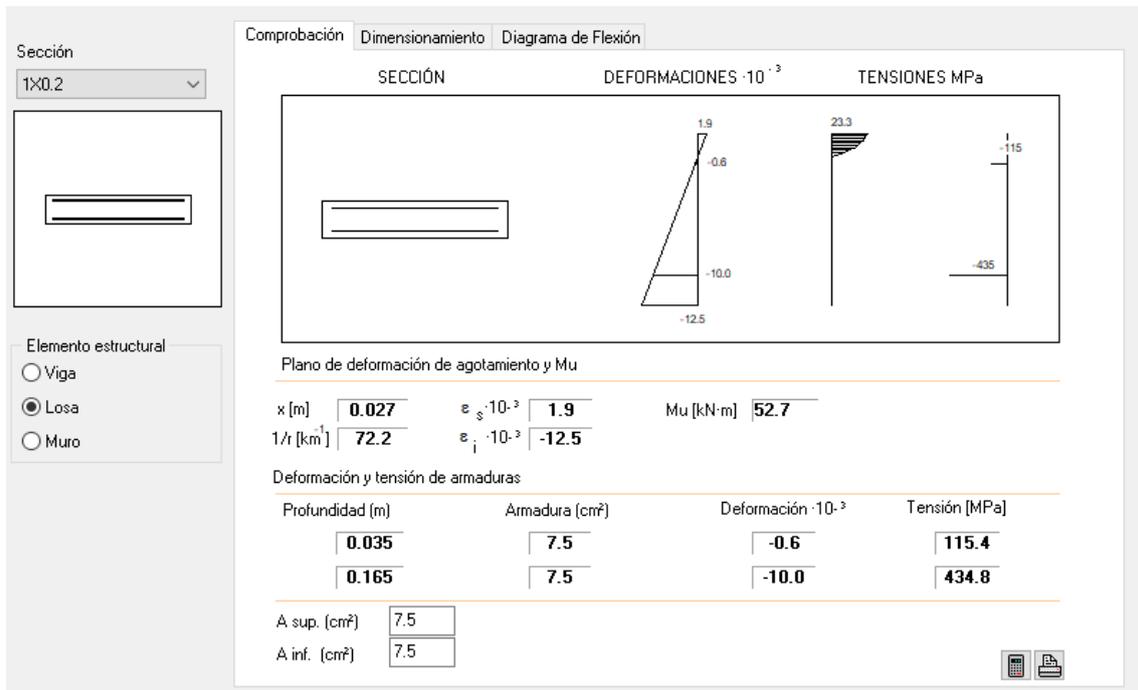


Figura 16. ELU flexión-Momento resistente losa $e=20\text{cm}$

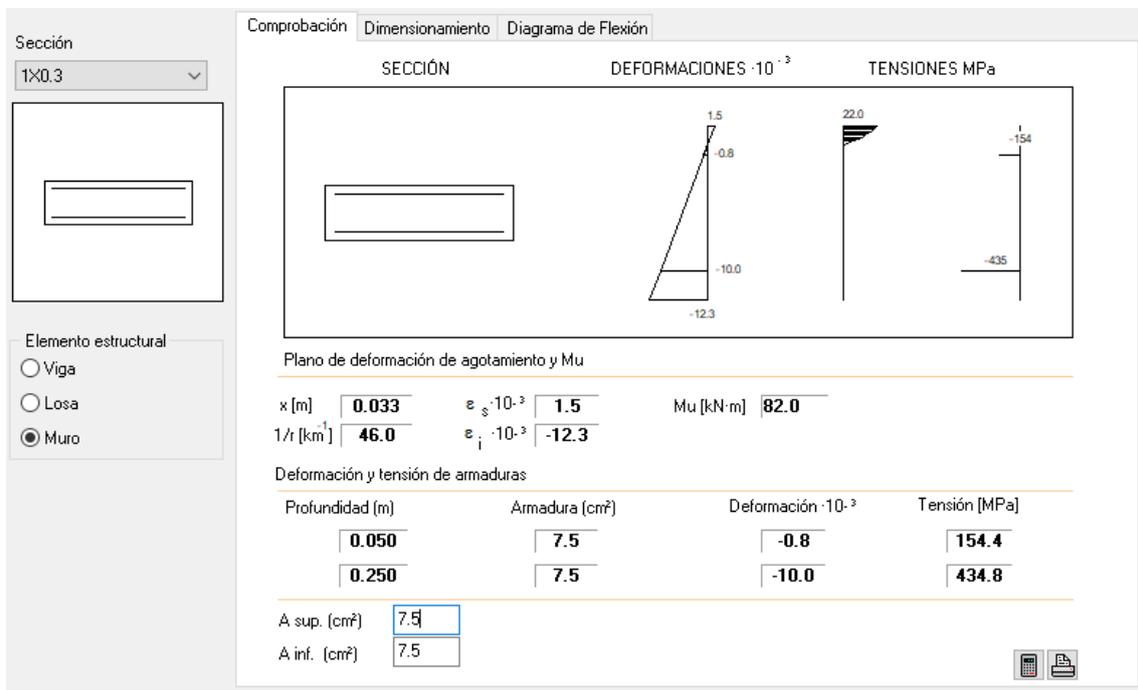


Figura 17. ELU flexión-Momento resistente muro $e=30\text{cm}$

El momento resistente es superior al actante por lo que se considera satisfecha esta condición de seguridad.

7.3.2. ELU Cortante

Se realiza el dimensionamiento y comprobación a cortante de secciones rectangulares de elementos lineales de hormigón armado en base al Art.44 de la EHE-08. Se comprueba la compresión oblicua en el alma producida por el cortante de cálculo y la tracción en el alma, según la sección se encuentre fisurada o no, producida por el cortante de cálculo a una distancia igual al canto útil. Se calcula la armadura transversal necesaria para resistir los esfuerzos de cálculo y se comprueba que la geometría dispuesta conforme a los máximos y mínimos establecidos por la norma. El canto de la celosía análoga se determina a partir del brazo mecánico generado por el momento de cálculo.

Se muestra, a continuación, el esfuerzo cortante resistente sin armadura de la losa y el muro proyectados:

Sección 1x0.2

Inclinación de las bielas
 ctg θ 1.0 θ [°] 45

Inclinación de las armaduras
 α [°] 90.0

Axil de cálculo (compresión +)
 Nd [kN] 0.0
 σ_{cd} [MPa] 0.0
 Pcomprimida [%] 0.0

Tensiones elásticas de cálculo (compresión +)
 σ_{xd} [MPa] 0.0
 σ_{yd} [MPa] 0.0
 θ_e [°] 45.0

Comprobación

| | | |
|--|----------------|--------------|
| Cortante de agotamiento de las bielas | Vu1 [kN] | 1120.0 |
| Cortante de agotamiento de los tirantes | Vu2 [kN] | 133.9 |
| Contribución del hormigón a la resistencia | Vcu [kN] | 133.9 |
| Contribución de la armadura transversal | Vsu [kN] | 0.0 |
| Resistencia a cortante | Vu [kN] | 133.9 |

ϕ [mm] 8
 st [m] 0.20
 n^e ramas 2 A_{α} [cm²/m] 0.0

Figura 18. ELU cortante-Esfuerzo cortante resistente sin armadura en losa e=20cm

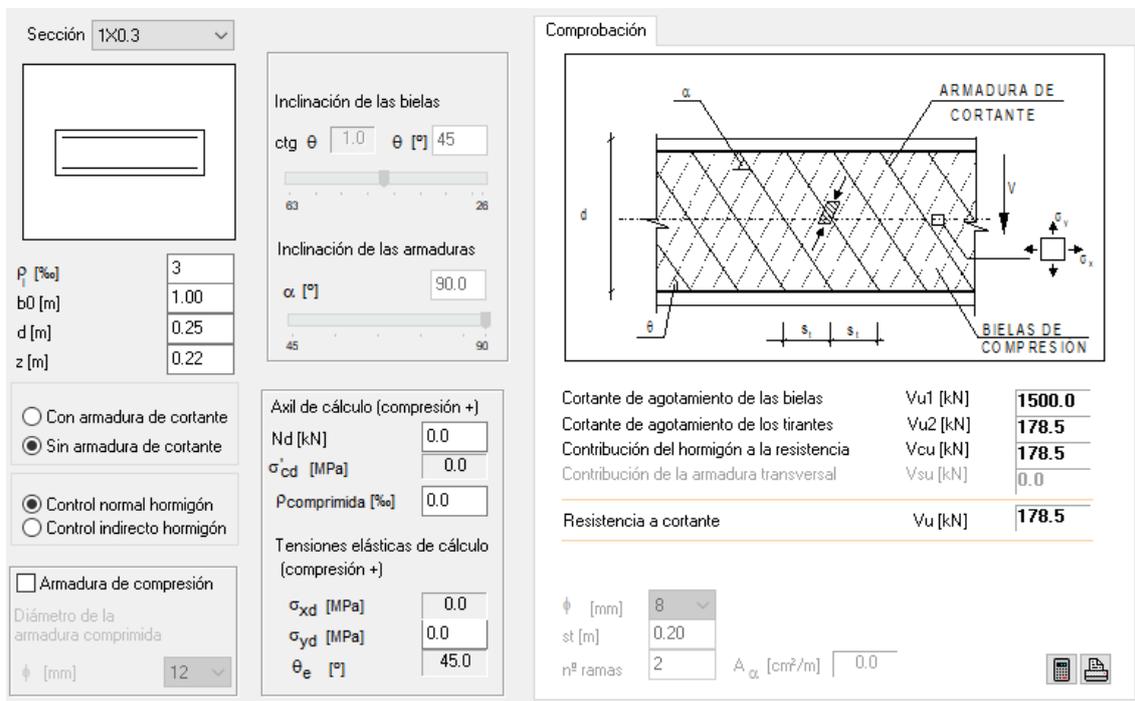


Figura 19. ELU cortante-Esfuerzo cortante resistente sin armadura en muro e=30cm

El esfuerzo resistente es superior al actuante por lo que se considera satisfecha esta condición de seguridad.

7.3.3. ELS fisuración

Es preciso verificar la abertura máxima de fisura cuando el momento correspondiente a la combinación cuasipermanente es superior al momento de fisuración de la sección. Antes de nada, por tanto, es preciso hallar el momento de fisuración de las secciones analizadas:

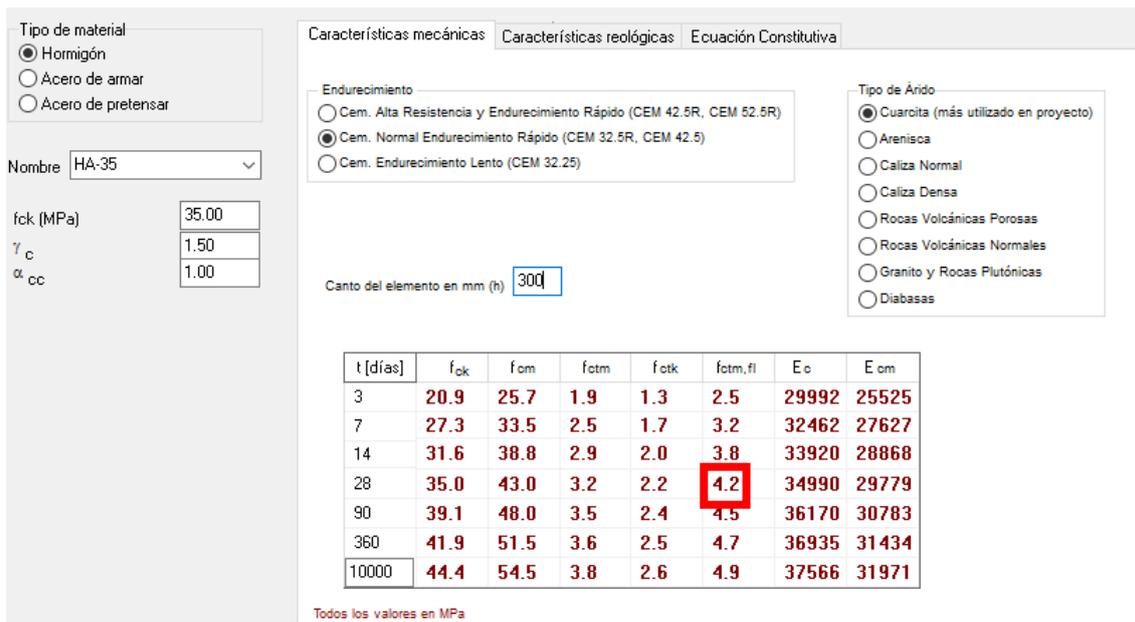


Figura 20. Fctm,fl en elementos de espesor 20 y 30cm

Los momentos de fisuración son, por tanto:

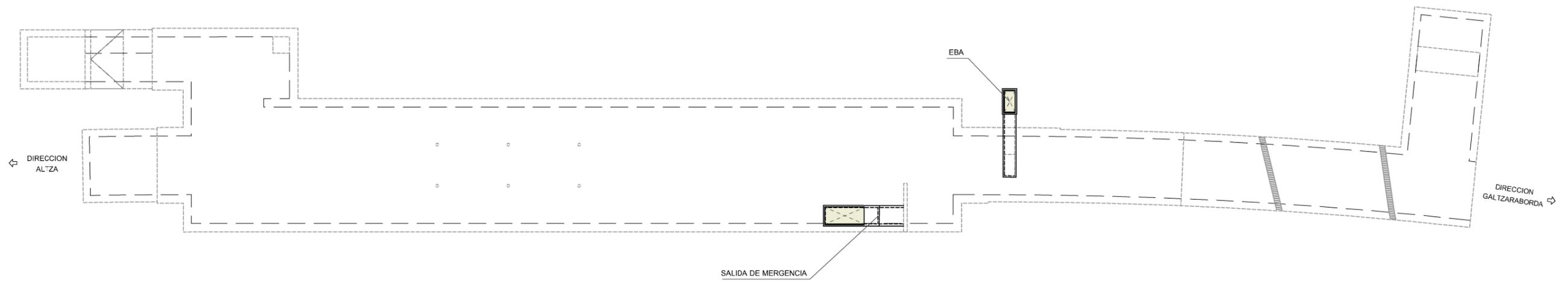
$$M_{fis} = 4,2MPa \cdot 1000mm \cdot \frac{200mm^2}{6} \cdot 10^{-6} = 28,00m \cdot kN/m$$

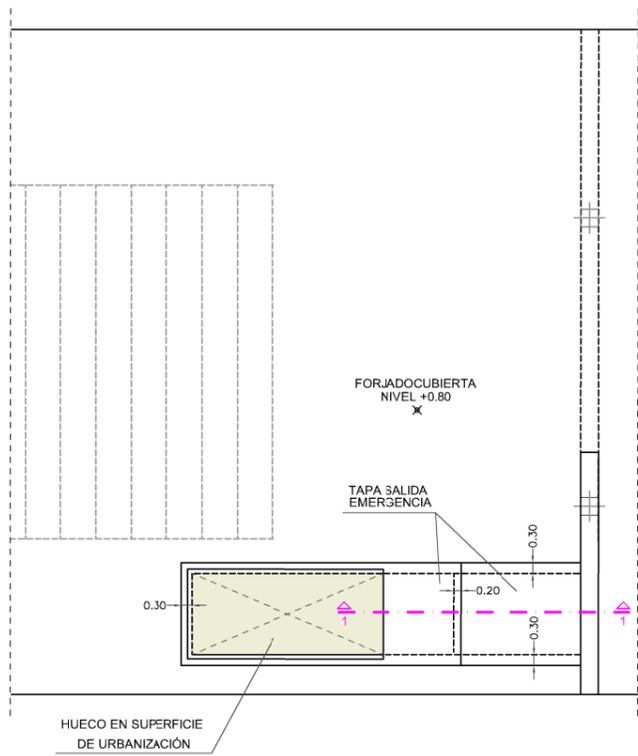
$$M_{fis} = 4,2MPa \cdot 1000mm \cdot \frac{300mm^2}{6} \cdot 10^{-6} = 63,00m \cdot kN/m$$

Como se puede observar en la imagen anterior el momento de fisuración es superior al momento correspondiente a la combinación de acciones ELS cuasipermanente por lo que la abertura característica de fisura es nula.

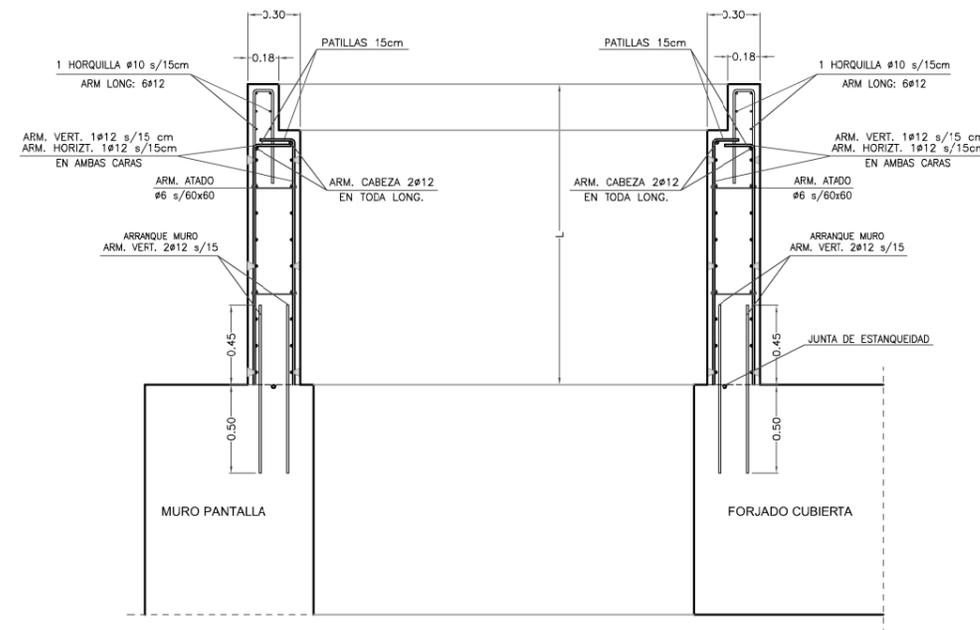
8. Normativa y recomendaciones empleadas

- Instrucción de Hormigón Estructural. EHE-08.
- Código Técnico de la Edificación:
 - Seguridad Estructural. CTE-DB-SE.
 - Acciones. CTE-DB-SE-AE.

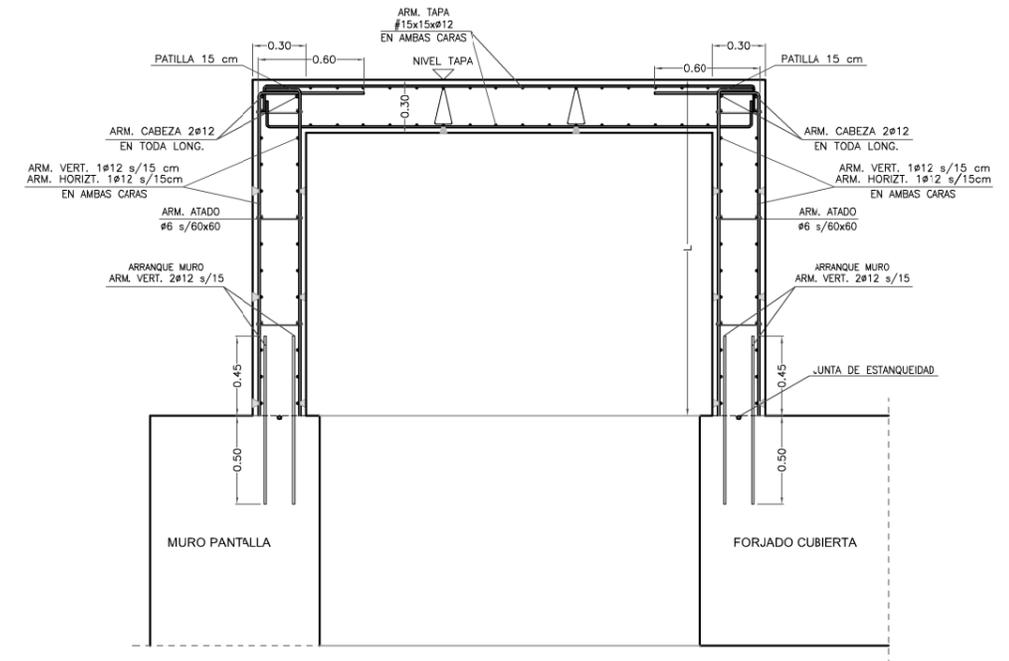




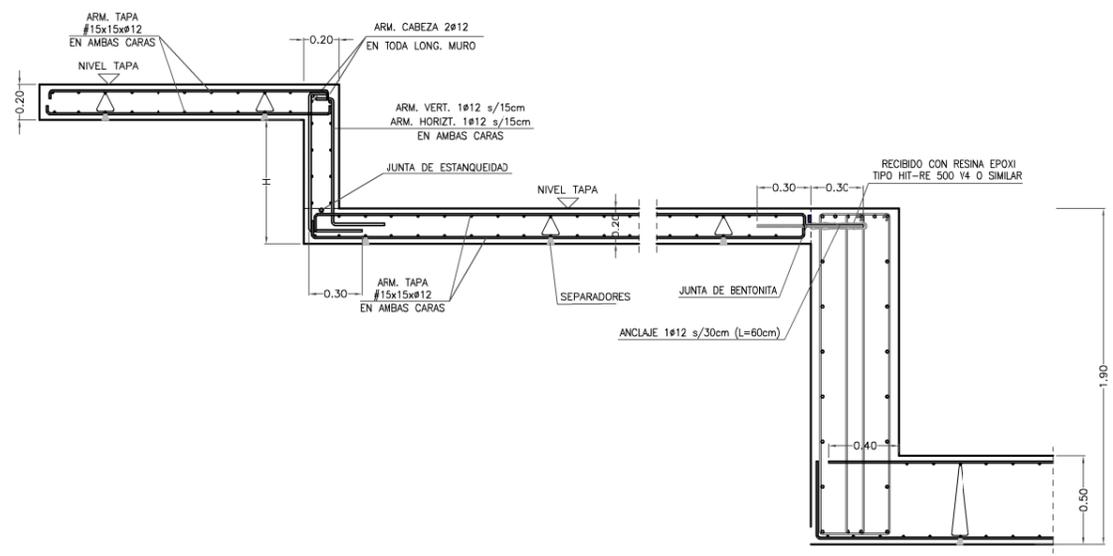
PLANTA SALIDA EMERGENCIA
E(A1) 1:100
E(A3) 1:200



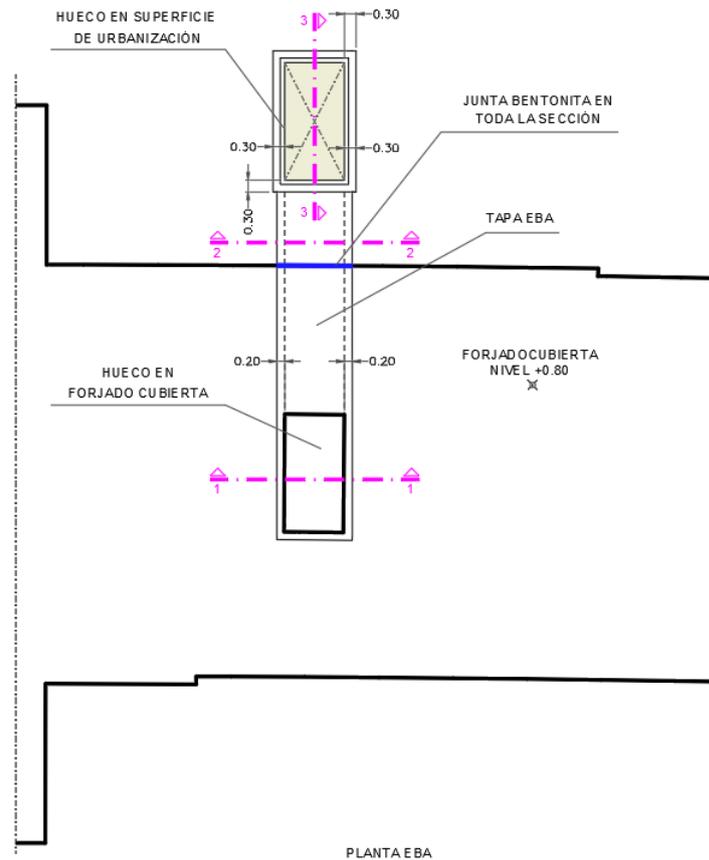
DETALLE MURO SALIDA EMERGENCIA PARA APOYO DE COMPUERTA
E(A1) 1:20
E(A3) 1:40



DETALLE MURO SALIDA EMERGENCIA PARA APOYO DE TAPA DE HORMIGON
E(A1) 1:20
E(A3) 1:40



SECCIÓN 1-1
E(A1) 1:20
E(A3) 1:40



NOTA TÉCNICA: JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE ELEMENTOS DE URBANIZACIÓN DE VENTILACIÓN EBA

V02-MARZO 2024

INDICE:

| | |
|--|-----------|
| 1. Objeto..... | 1 |
| 2. Descripción de la solución adoptada | 1 |
| 3. Materiales empleados | 3 |
| 3.1. Hormigón | 3 |
| 3.2. Ambientes y agresividad..... | 3 |
| 4. Acciones consideradas..... | 4 |
| 4.1. Peso propio..... | 4 |
| 4.2. Carga muerta..... | 4 |
| 4.3. Empuje del terreno | 4 |
| 4.4. Sobrecarga de uso | 4 |
| 5. Coeficientes de seguridad | 4 |
| 5.1. Coeficientes parciales de seguridad de las acciones..... | 4 |
| 5.2. Coeficientes parciales de seguridad de los materiales | 4 |
| 6. Hipótesis generales de cálculo | 5 |
| 7. Justificación estructural | 5 |
| 7.1. Modelos de cálculo | 5 |
| 7.2. Definición de esfuerzos | 6 |
| 7.2.1. Losas..... | 6 |
| 7.2.2. Muros | 9 |
| 7.3. Comprobaciones seccionales..... | 12 |
| 7.3.1. ELU flexión..... | 12 |
| 7.3.2. ELU Cortante | 14 |
| 7.3.3. ELS fisuración | 16 |
| 8. Normativa y recomendaciones empleadas | 17 |

1. Objeto

La presente nota de cálculo hace referencia al proyecto: “*Proyecto constructivo del metro de donostialdea. Tramo: altza – galtzaraborda*” y tiene por objeto justificar estructuralmente las pequeñas estructuras de urbanización que se ejecutarán sobre la cubierta de la estación de Pasaia para formalizar la ventilación EBA.

2. Descripción de la solución adoptada

Para permitir la correcta ventilación de la estación se plantea la ejecución de un hueco en cubierta perimetrado por una serie de muros de hormigón armado que conducen convenientemente este aire extraído. Se ejecutará, también, una losa superior sobre los muros salvo en la zona final donde se instalará una rejilla que permita la salida de aire.

Los muros perimetrales son de 20 cm de espesor excepto los de apoyo de la rejilla de ventilación que son de 30cm de espesor para permitir el rebaje en el que se apoyas dicha rejilla. La losa superior es de 25 cm de espesor, mientras que el resto de elementos tienen un espesor de 20 cm.

Se muestra, a continuación, una imagen de la planta y las distintas secciones con que se ha resuelto esta estructura:

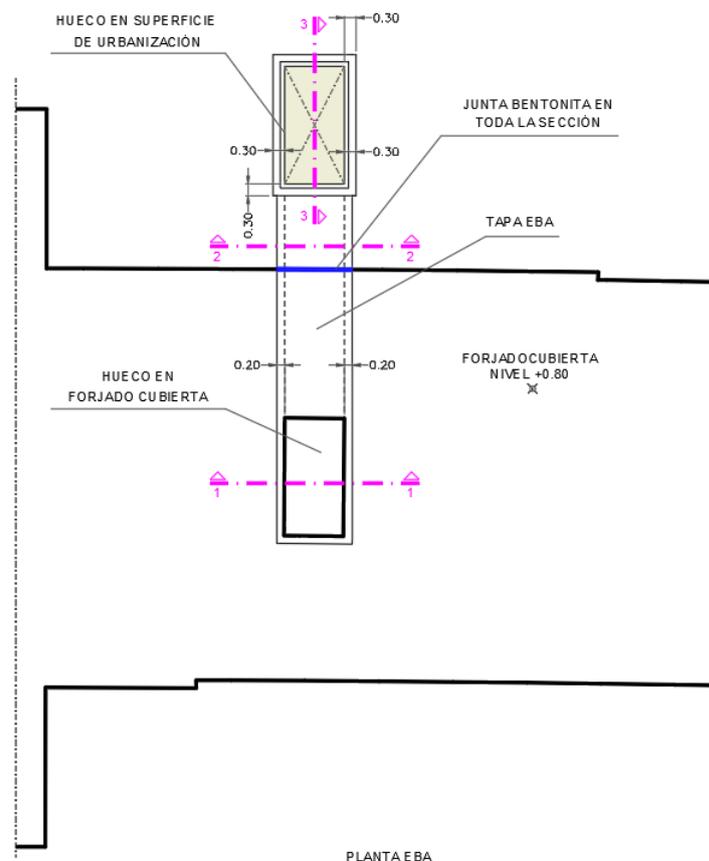
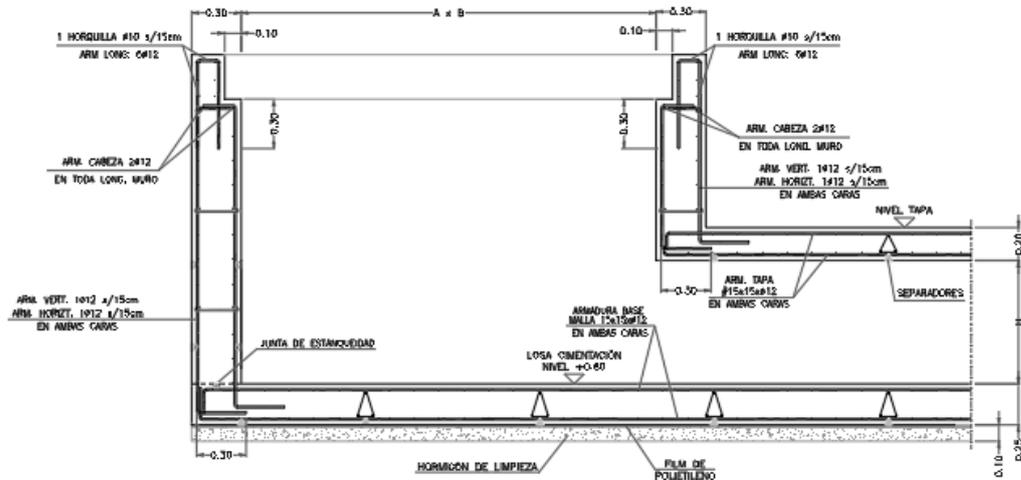
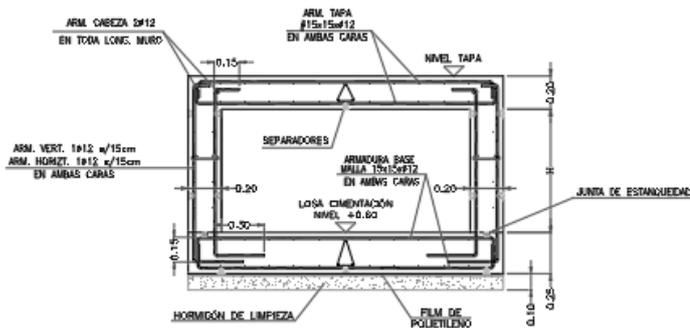


Fig.1: Ventilación EBA_Planta



SECCIÓN 3-3
 DETALLE ARMADURA EBA
 E(A)1:1:20
 E(A)3:1:40



SECCIÓN 2-2
 DETALLE ARMADURA EBA
 E(A)1:1:20
 E(A)3:1:40

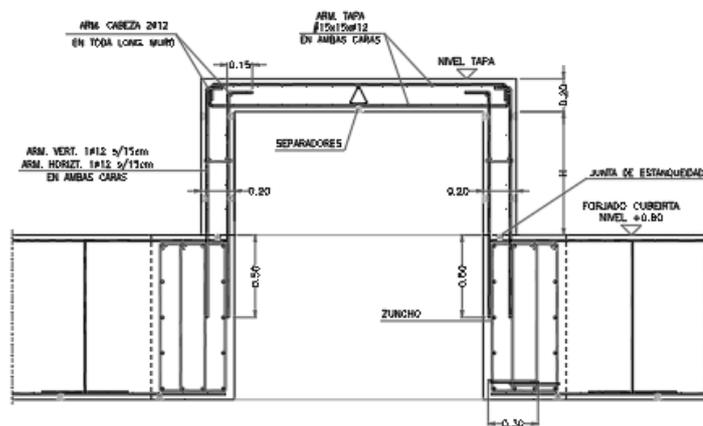


Fig.2: Ventilación EBA_Secciones transversales

3. Materiales empleados

3.1. Hormigón

| | | |
|--|---|-------------------------|
| Hormigón HA-35/B/12/IIIc+Qb Elementos de urbanización | Árido | Machacado |
| | Tamaño árido | 12 mm |
| | Cemento | CEM III A- 42,5R-SR |
| | Consistencia | Blanda |
| | Asiento C.A. | 6/9 cm. |
| | Aditivo | Fluidificante |
| | Compactación | Vibrado |
| | f_{ck} a los 7 días | $> 24,5 \text{ N/mm}^2$ |
| | f_{ck} a los 28 días | $> 35 \text{ N/mm}^2$ |
| | Min. Cemento | $> 350 \text{ kg/m}^3$ |
| | Max. a/c | $< 0,45$ |
| | r_{nom} | $> 50 \text{ mm}$ |
| | <i>Nota: la dosificación concreta del hormigón se propondrá por la contrata, teniendo en cuenta también criterios de ejecución, y se aprobará por la Dirección de Obra.</i> | |

Los recubrimientos a emplear son de 50mm correspondientes a una vida útil de 100años y una clase general de exposición IIIc.

Los recubrimientos estarán en consonancia con los ambientes de exposición seleccionados teniendo en cuenta que el **nivel de control será intenso**.

Todo el acero empleado en la elaboración de las armaduras será el prescrito por la Instrucción de Hormigón Estructural EHE, designado como B500SD.

3.2. Ambientes y agresividad

De acuerdo con el criterio establecido en proyecto se consideran los siguientes tipos de ambiente:

1. Interior de la estación: Tipo de ambiente IIa. Abertura de fisura 0,30mm.
2. Zona exterior a cota superior a +0,00: Tipo de ambiente IIIc+Qb. Abertura de fisura 0,10mm.

NOTA: Esta consideración es muy conservadora ya que el tipo de ambiente IIIc se define en la EHE-08 de la siguiente forma

“Elementos de estructuras marinas situadas en la zona de salpicaduras o en zona de carrera de mareas:

- *Zonas situadas en el recorrido de marea de diques, pantalanes y otras obras de defensa litoral.*
- *Zonas de pilas de puentes sobre el mar, situadas en el recorrido de marea”.*

A pesar de que, según algunos ensayos, el agua correspondiente al nivel freático presenta salinidad, no existe la renovación de oxígeno ni los continuos procesos de “mojado-secado” que se presentan en los casos de ejemplo que define la EHE-08.

En conclusión, el proceso de corrosión de una estructura enterrada con presencia de cloruros es mucho menos acusado que el de una estructura como las descritas por la normativa para el tipo de ambiente IIIc. Por todo lo anterior, se entiende que el ambiente más adecuado a considerar debería ser el IIIb+Qb, con una limitación de apertura de fisura de 0,20mm. No obstante, se mantiene la limitación de 0,10mm impuesta en proyecto.

4. Acciones consideradas

4.1. Peso propio

Se toma un peso específico de 25 kN/m³ para los elementos ejecutados en hormigón armado y de 78,5 kN/m³ para los elementos de acero.

4.2. Carga muerta

Se considera una altura de rellenos/urbanización sobre la losa superior de unos 75cm. Para un peso específico medio de 22kN/m³ se tiene una carga uniformemente repartida de valor: 16,5kN/m².

4.3. Empuje del terreno

Se considera empuje del terreno en reposo con un K0 de valor 0,50.

4.4. Sobrecarga de uso

Se considera una sobrecarga de uso de valor 15kN/m² como en el cálculo de la cubierta de la estación de Pasaia.

5. Coeficientes de seguridad

5.1. Coeficientes parciales de seguridad de las acciones

Los coeficientes parciales de seguridad tomados para la combinación de acciones son:

En cálculos relativos a la estabilidad de la estructura (Situación persistente o transitoria):

| Tipo de acción | Efecto Favorable | Efecto Desfavorable |
|---------------------------|------------------|---------------------|
| Peso propio, peso terreno | $\gamma_G=0,90$ | $\gamma_G=1,10$ |
| Variable | $\gamma_G=0,00$ | $\gamma_Q=1,50$ |

En cálculos relativos a estados límites últimos:

| Tipo de acción | Efecto Favorable | Efecto Desfavorable |
|----------------------------------|------------------|---------------------|
| Permanente | $\gamma_G=1,00$ | $\gamma_G=1,35$ |
| Permanente de valor no constante | $\gamma_G=0,80$ | $\gamma_G=1,50$ |
| Variable | $\gamma_G=0,00$ | $\gamma_Q=1,50$ |
| Empuje hidrostático | $\gamma_G=1,00$ | $\gamma_Q=1,20$ |

NOTA: Dado que en los modelos de cálculo los esfuerzos se obtienen en servicio y no es posible establecer combinaciones de acciones es preciso determinar un coeficiente de mayoración de acciones global para todas las cargas, independientemente de cual sea su naturaleza. De forma conservadora y siguiendo criterio de proyecto se adopta un valor único de 1,50.

En cálculos relativos a estados límites de servicio:

| Tipo de acción | Efecto Favorable | Efecto Desfavorable |
|----------------|------------------|---------------------|
| Permanente | $\gamma_G=1,00$ | $\gamma_G=1,00$ |
| Variable | $\gamma_G=0,00$ | $\gamma_Q=1,00$ |

5.2. Coeficientes parciales de seguridad de los materiales

Para las estructuras de hormigón armado se adoptan los siguientes valores de coeficientes parciales de seguridad para el acero y para el hormigón:

- a) En cálculos relativos a estados límites últimos.

| Situación de proyecto | Hormigón γ_c | Acero γ_s |
|---------------------------|---------------------|------------------|
| Persistente o transitoria | 1,50 | 1,15 |
| Accidental | 1,35 | 1,00 |

- b) En cálculos relativos a estados límites de servicio se toman coeficientes iguales a la unidad tanto para el acero como para el hormigón.

6. Hipótesis generales de cálculo

Para el cálculo de los esfuerzos que se generan sobre cada elemento de la estructura se consideran como suficientemente aproximadas las hipótesis clásicas de la teoría de resistencia de materiales y del cálculo de estructuras:

- Estructura estáticamente lineal: Los movimientos que se producen en la estructura son muy pequeños en relación con las dimensiones de ésta; el equilibrio se puede entonces plantear en su geometría sin deformar, realizando el cálculo general de esfuerzos en teoría de primer orden.
- Estructura cinemáticamente lineal: Los movimientos de segundo orden no son significativos frente a los de primer orden, que serán los que finalmente entren en las ecuaciones de compatibilidad.
- Material lineal: Derivada de la ley de Hook, implica que los materiales empleados se comportan de acuerdo a leyes de tensión-deformación elástica y lineal.
- Validez de la hipótesis de Navier-Bernoulli: Las secciones transversales de las barras, que eran planas y perpendiculares a su eje antes de la deformación, permanecen planas y normales a este después de ocurrir la deformación.
- Deformación nula de cortante: La deformación de los elementos debido a las esfuerzos de cortante son lo suficientemente pequeñas como para ser despreciados en el cálculo, considerando únicamente deformación por axil y por flexión.

Las hipótesis aquí expuestas se refieren al cálculo global de la estructura. Cuando se empleen otras distintas o complementarias en el estudio y dimensionamiento de efectos locales, se reflejarán estas nuevas hipótesis adicionales en el apartado correspondiente de la presente memoria.

7. Justificación estructural

7.1. Modelos de cálculo

Se han realizado dos modelos de cálculo. El primero de ellos se corresponde con la zona de estructura que nace sobre la losa de cubierta mientras que el otro se ha realizado para el resto de estructura de ventilación.

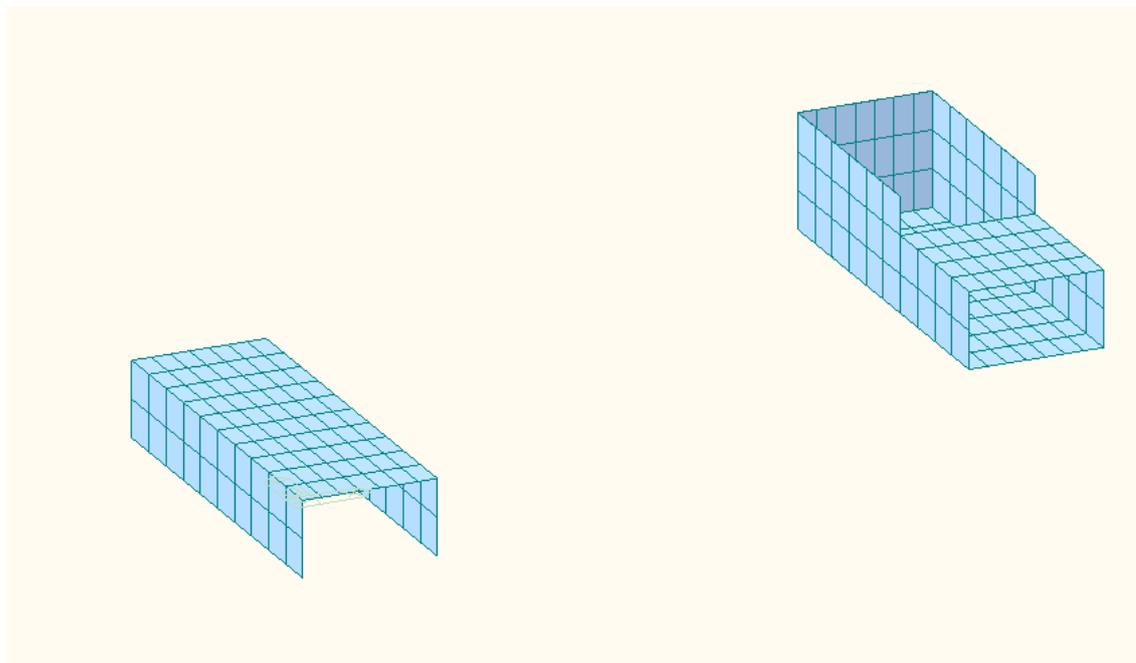


Figura 3. Modelos de cálculo realizados

7.2. Definición de esfuerzos

Antes de mostrar los esfuerzos de cálculo se indican los ejes de cálculo:

- Los momentos en dirección XX en la losa se corresponden con aquellos que generan tracciones en la dirección corta de la losa. En consecuencia los cortantes en dirección XX son los que generan esfuerzos cortantes verticales a lo largo del lado largo de la losa. La dirección YY es ortogonal al a XX.

7.2.1. Losas

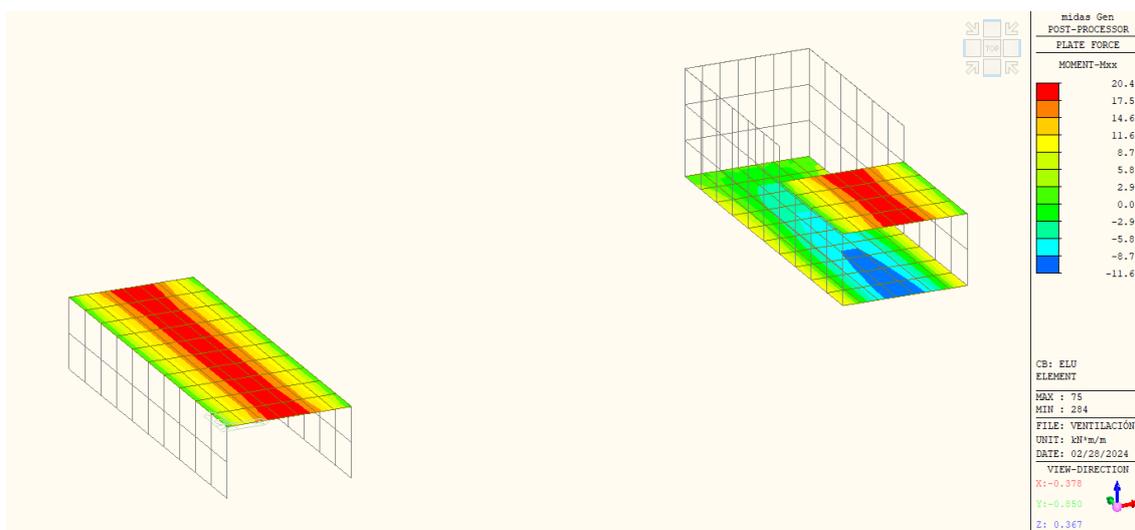


Figura 4. Momento flector M_{xx} (ELU)

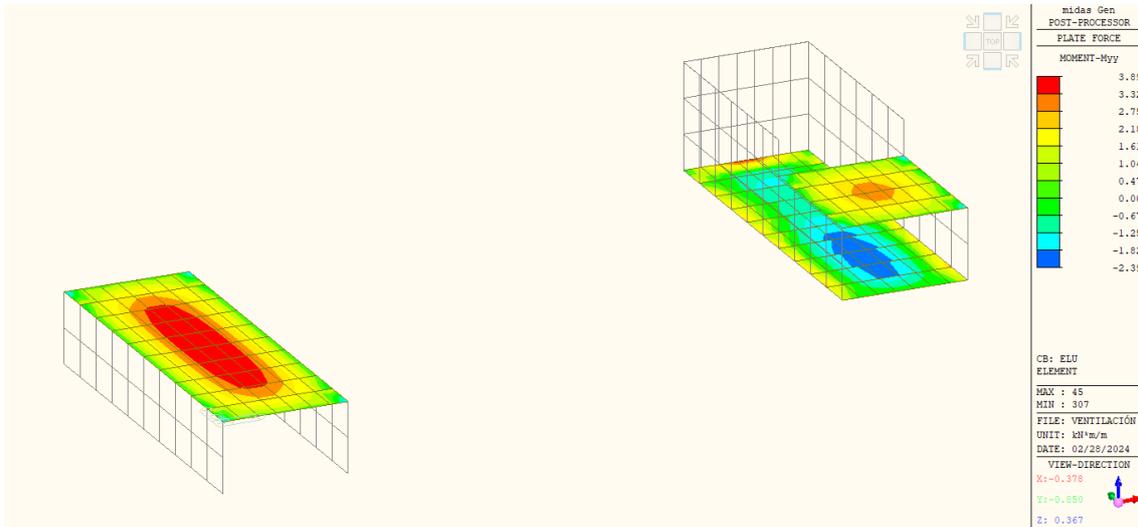


Figura 5. Momento flector Myy (ELU)

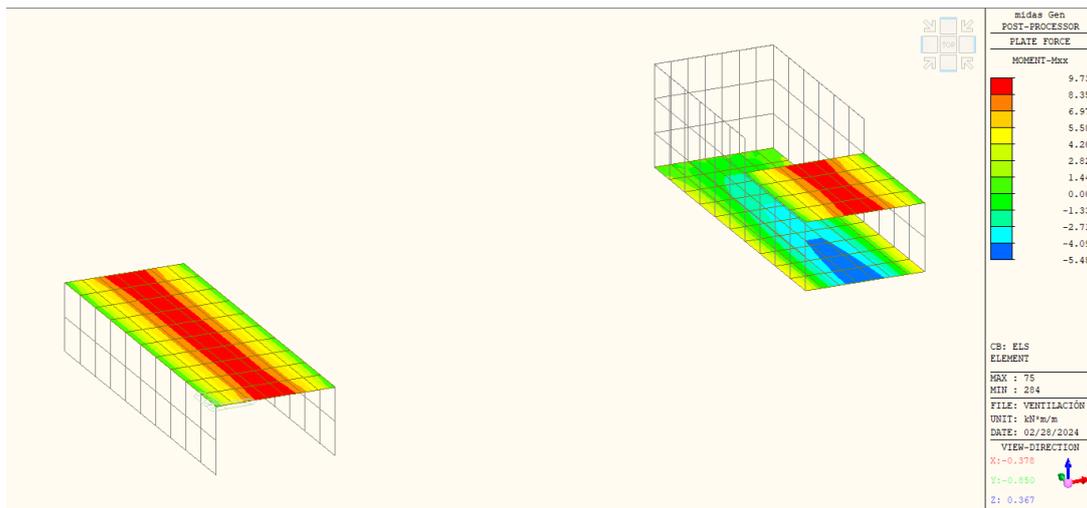


Figura 6. Momento flector Mxx (ELS cuasipermanente)

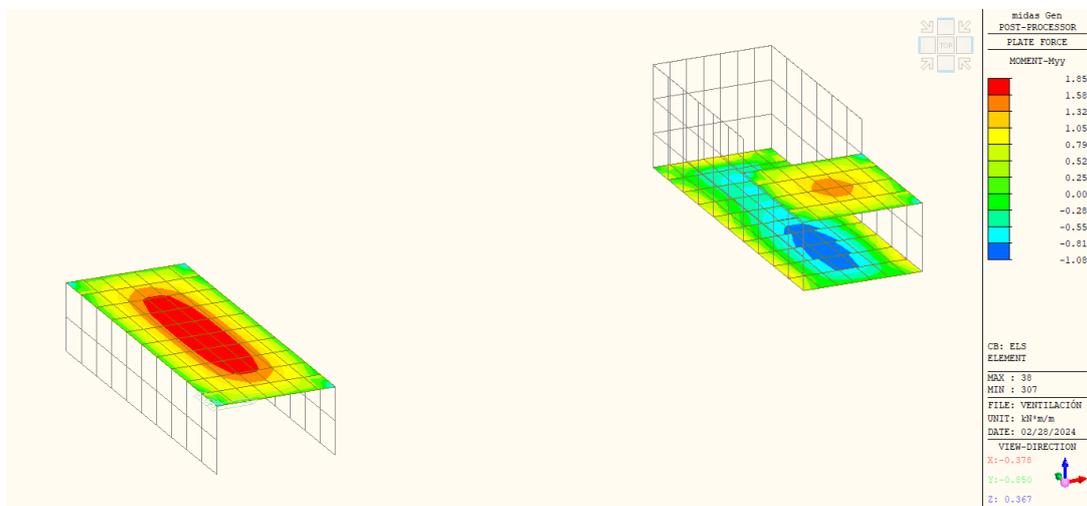


Figura 7. Momento flector Myy (ELS cuasipermanente)

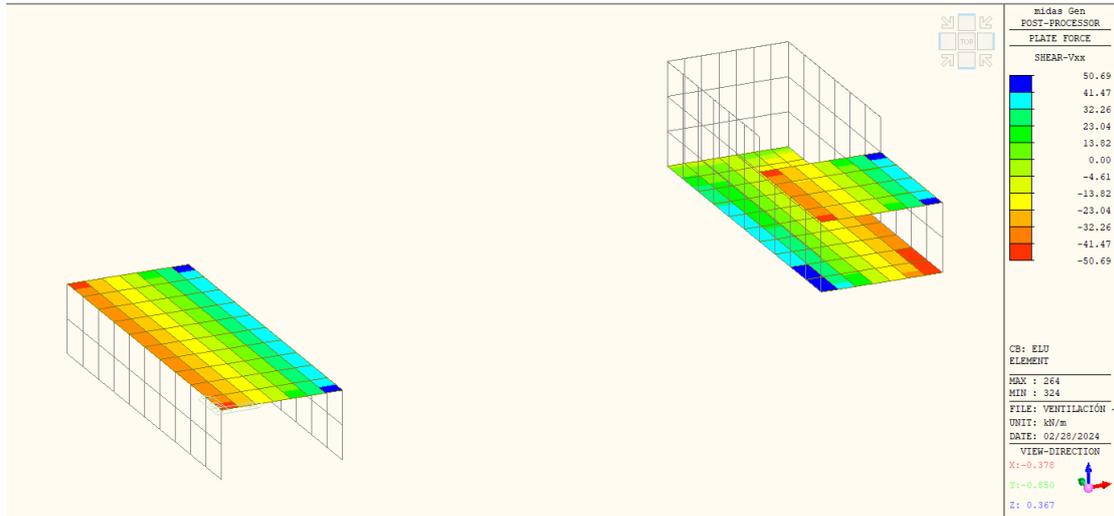


Figura 8. Esfuerzo cortante Vxx (ELU)

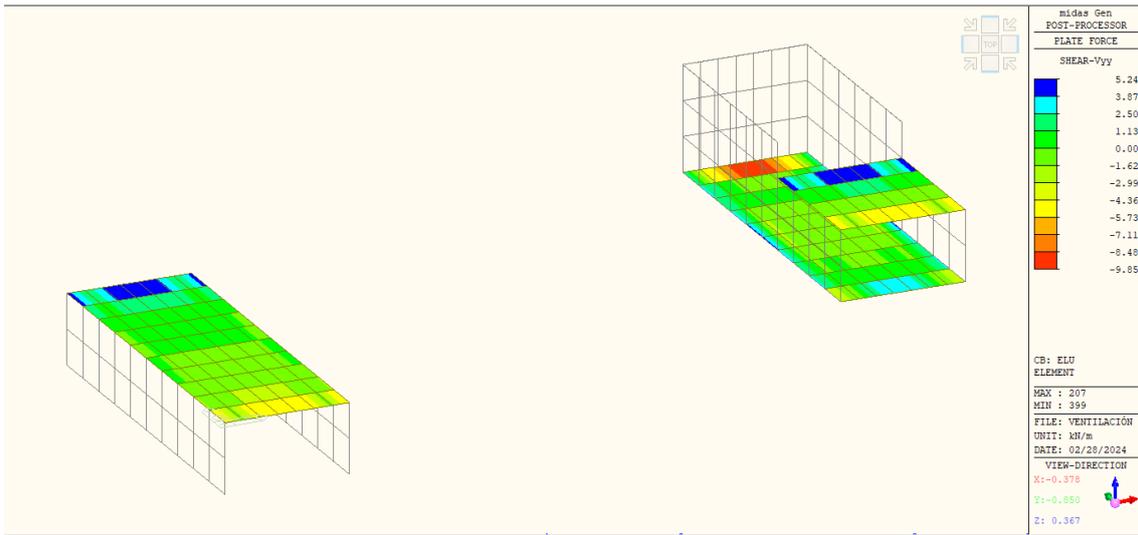


Figura 9. Esfuerzo cortante Vyy (ELU)

7.2.2. Muros

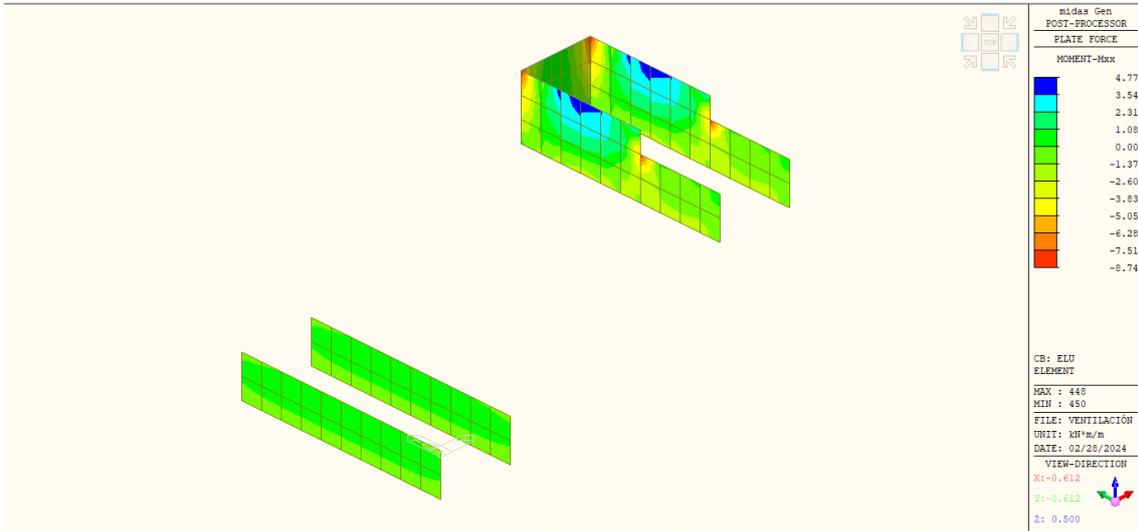


Figura 10. Momento flector horizontal Mxx (ELU)

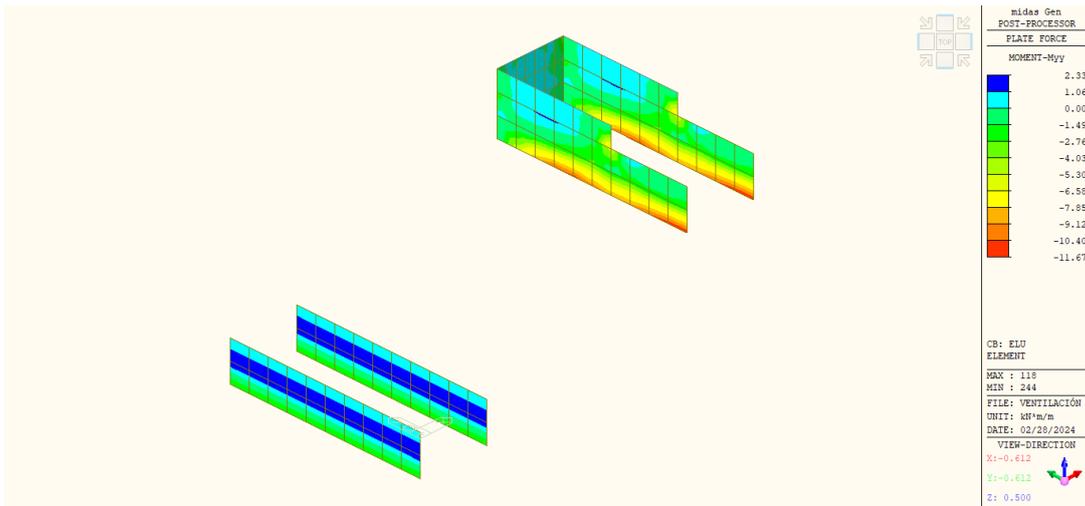


Figura 11. Momento flector vertical Myy (ELU)

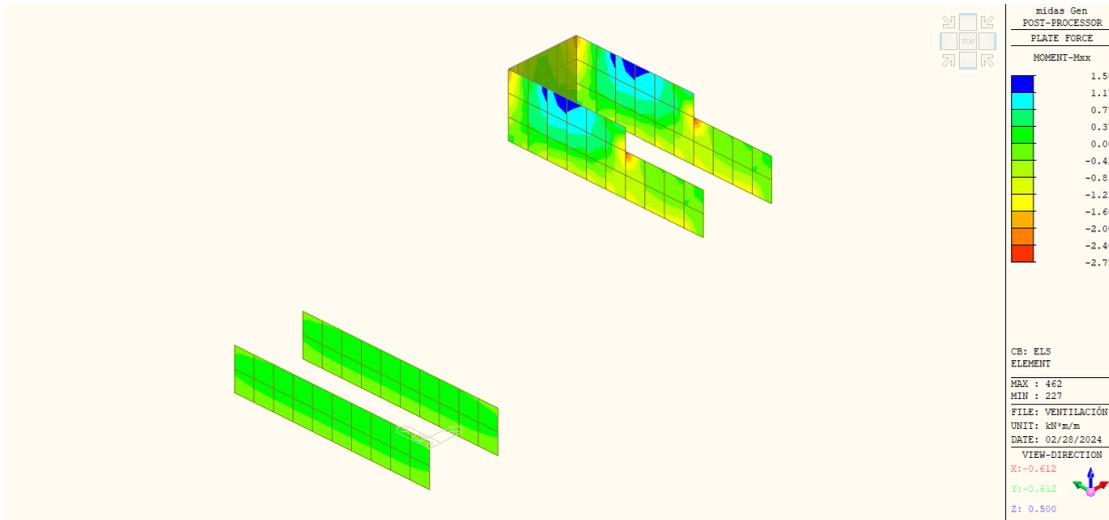


Figura 12. Momento flector horizontal Mxx (ELS cuasipermanente)

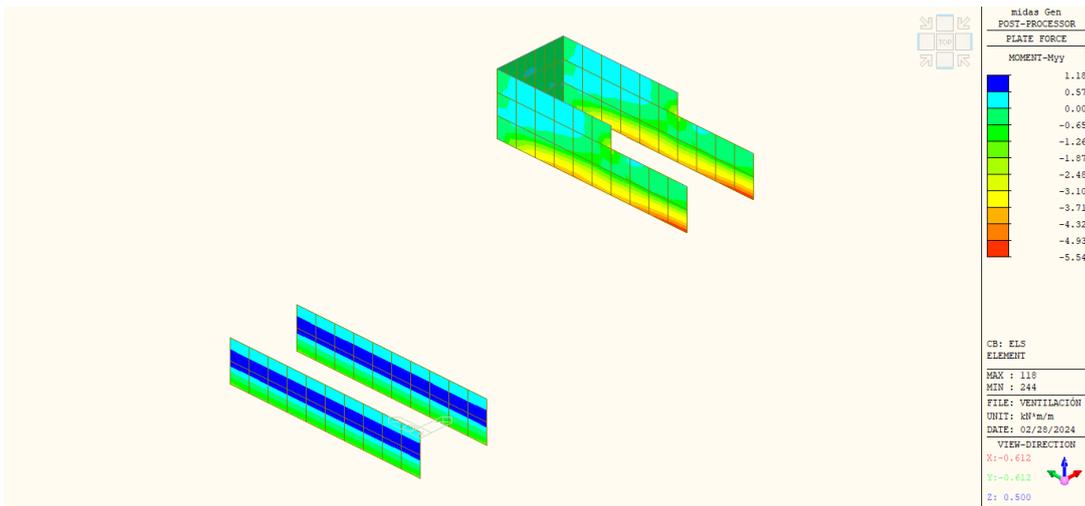


Figura 13. Momento flector vertical Myy (ELS cuasipermanente)

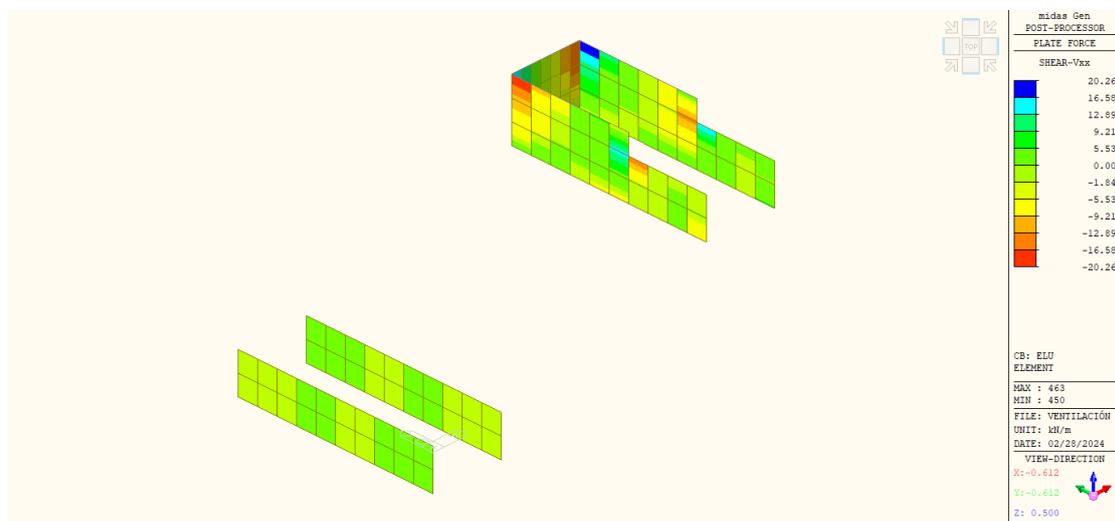


Figura 14. Esfuerzo cortante Vxx (ELU)

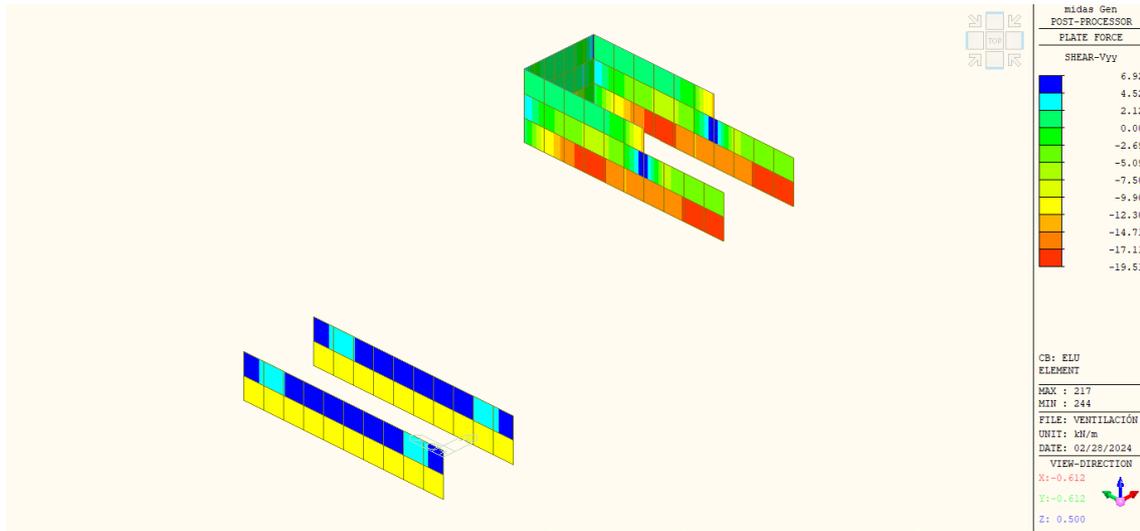


Figura 15. Esfuerzo cortante Vyy (ELU)

7.3. Comprobaciones seccionales

7.3.1. ELU flexión

Se realiza el dimensionamiento y comprobación a flexo-compresión de secciones de hormigón armado en base al Art.42 de la EHE-08. Se calcula la armadura necesaria en la sección, tanto para resistir las solicitaciones de cálculo, como para cumplir las cuantías mínimas geométricas y mecánicas impuestas por la normativa. Para el cálculo se emplea el diagrama rectangular estableciendo el equilibrio seccional y permitiéndose el cálculo en los dominios de deformación 1, 2 y 3.

- Se comprueba que se cumplen las cuantías mínimas geométricas para losas y muros, tanto para armadura traccionada como para armadura comprimida.

- o Losas 20 cm espesor

$$A_{s,min} > 0.9\text{‰} \cdot A_C = \frac{0.9}{10^3} \cdot 200 \cdot 10^3 = 180 \text{ mm}^2$$

$$A'_{s,min} > 30\% \cdot A_{s,real}$$

- o Losas 25 cm espesor

$$A_{s,min} > 0.9\text{‰} \cdot A_C = \frac{0.9}{10^3} \cdot 250 \cdot 10^3 = 225 \text{ mm}^2$$

$$A'_{s,min} > 30\% \cdot A_{s,real}$$

- o Muro 20cm espesor

$$A_{s,min,ver} > 0.9\text{‰} \cdot A_C = \frac{0.9}{10^3} \cdot 200 \cdot 10^3 = 180 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min,hzta} > 1.6\text{‰} \cdot A_C = \frac{1.6}{10^3} \cdot 200 \cdot 10^3 = 320 \text{ mm}^2$$

- o Muro 30cm espesor

$$A_{s,min,ver} > 0.9\text{‰} \cdot A_C = \frac{0.9}{10^3} \cdot 300 \cdot 10^3 = 270 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min,hzta} > 1.6\text{‰} \cdot A_C = \frac{1.6}{10^3} \cdot 300 \cdot 10^3 = 480 \text{ mm}^2$$

- Se comprueba que se cumplen las cuantías mínimas mecánicas ya que los momentos resistentes de todas las secciones son superiores a los momentos de fisuración de la sección bruta.

Se muestra, a continuación el momento último de la sección de losa y muro con la armadura proyectada:

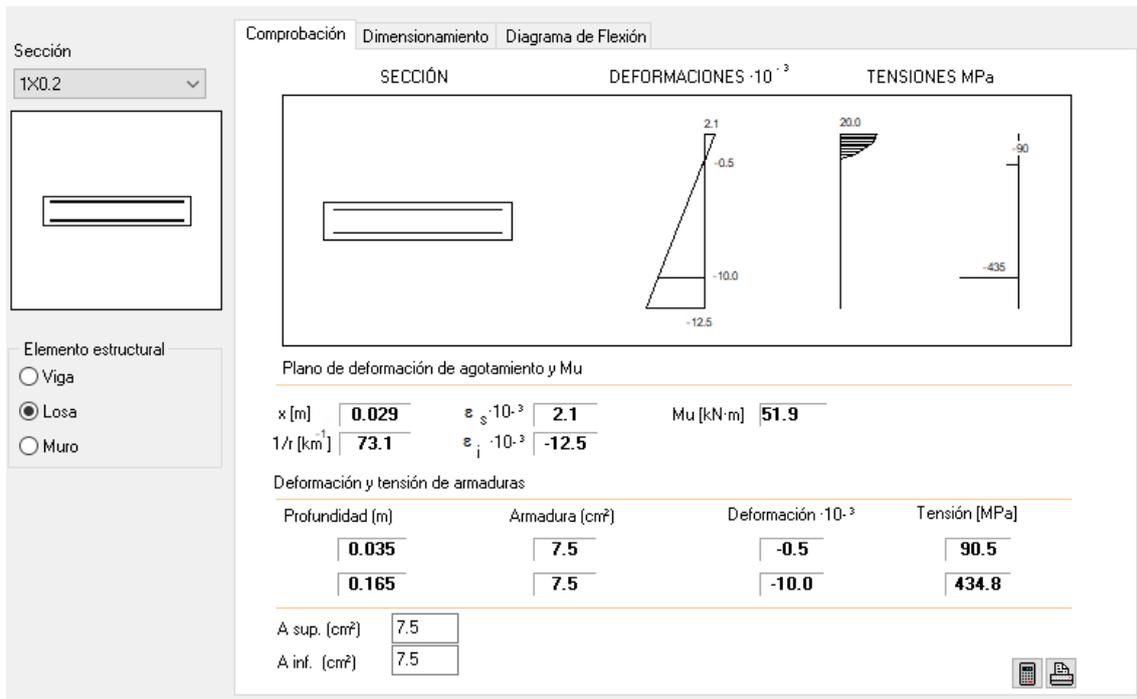


Figura 16. ELU flexión-Momento resistente losa y muro $e=20\text{cm}$

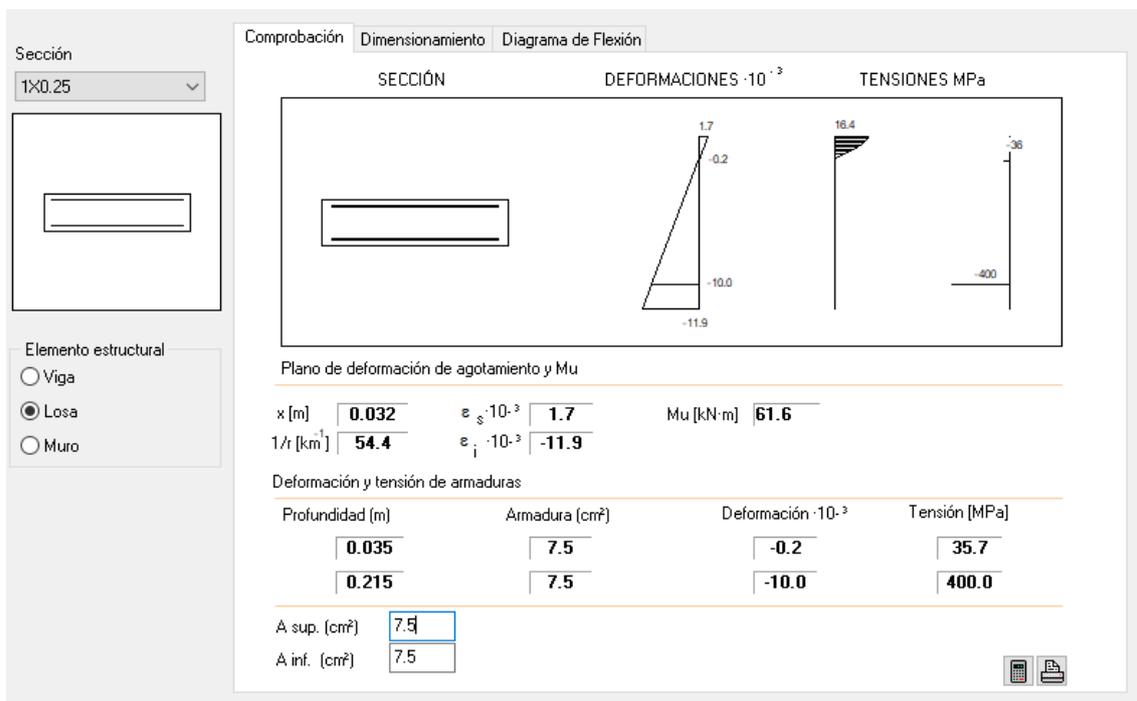


Figura 17. ELU flexión-Momento resistente losa $e=25\text{cm}$

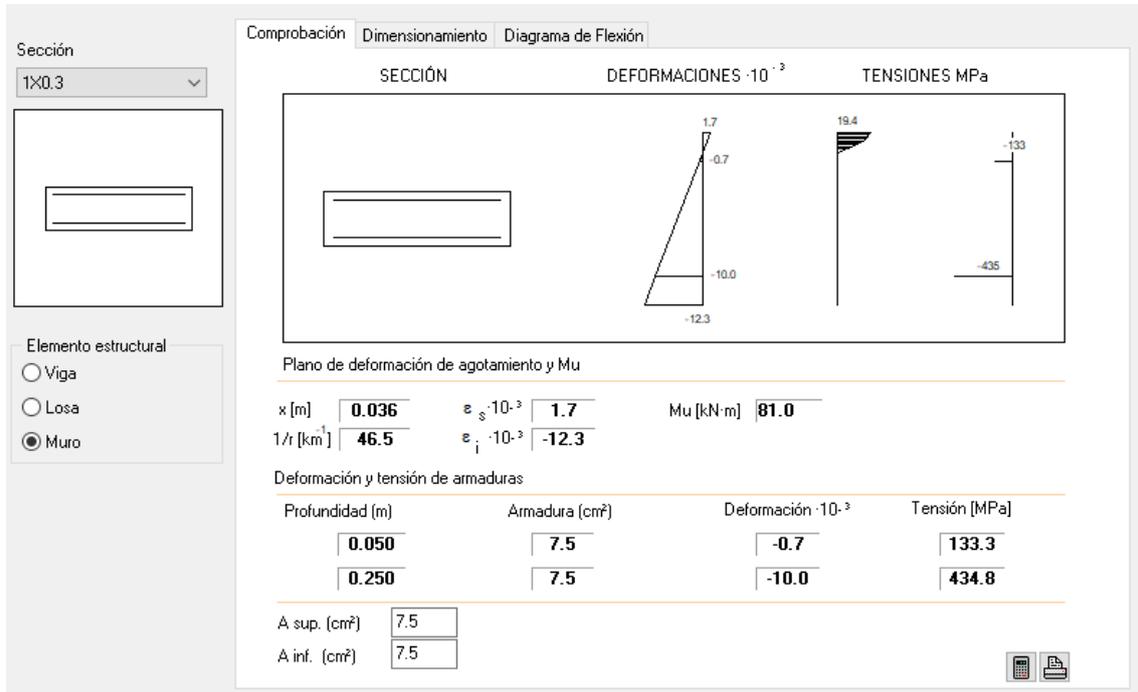


Figura 18. ELU flexión-Momento resistente losa $e=30\text{cm}$

El momento resistente es superior al actante por lo que se considera satisfecha esta condición de seguridad.

7.3.2. ELU Cortante

Se realiza el dimensionamiento y comprobación a cortante de secciones rectangulares de elementos lineales de hormigón armado en base al Art.44 de la EHE-08. Se comprueba la compresión oblicua en el alma producida por el cortante de cálculo y la tracción en el alma, según la sección se encuentre fisurada o no, producida por el cortante de cálculo a una distancia igual al canto útil. Se calcula la armadura transversal necesaria para resistir los esfuerzos de cálculo y se comprueba que la geometría dispuesta conforme a los máximos y mínimos establecidos por la norma. El canto de la celosía análoga se determina a partir del brazo mecánico generado por el momento de cálculo.

Se muestra, a continuación, el esfuerzo cortante resistente sin armadura de la losa y el muro proyectados:

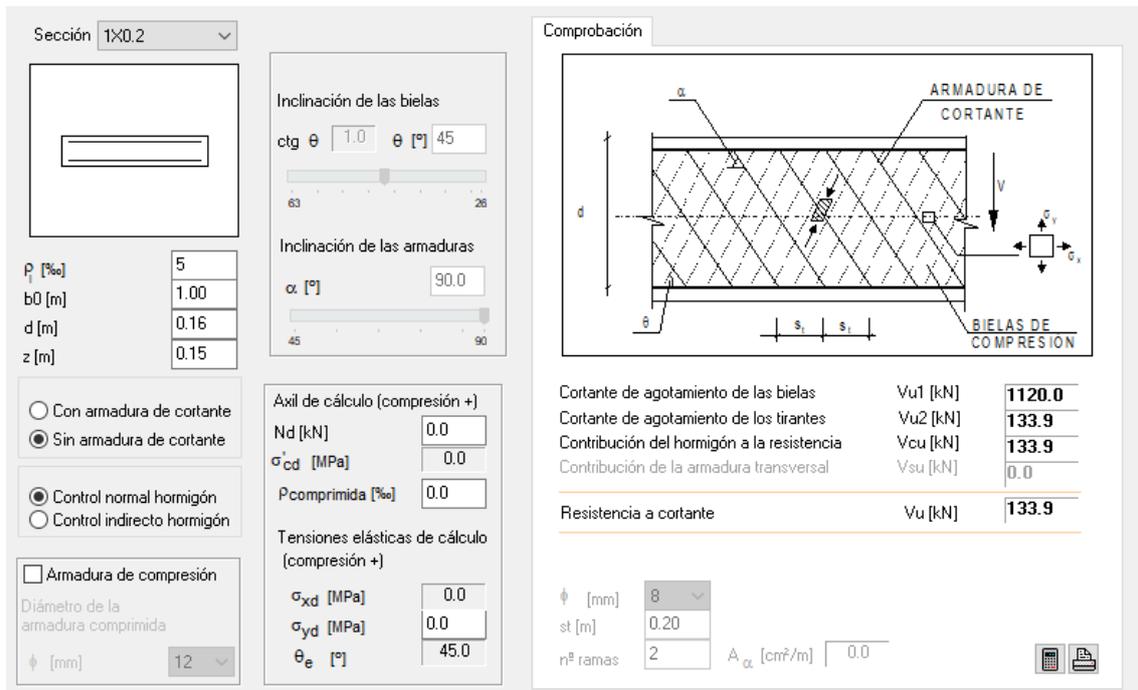


Figura 19. ELU cortante-Esfuerzo cortante resistente sin armadura en losa y muro e=20cm

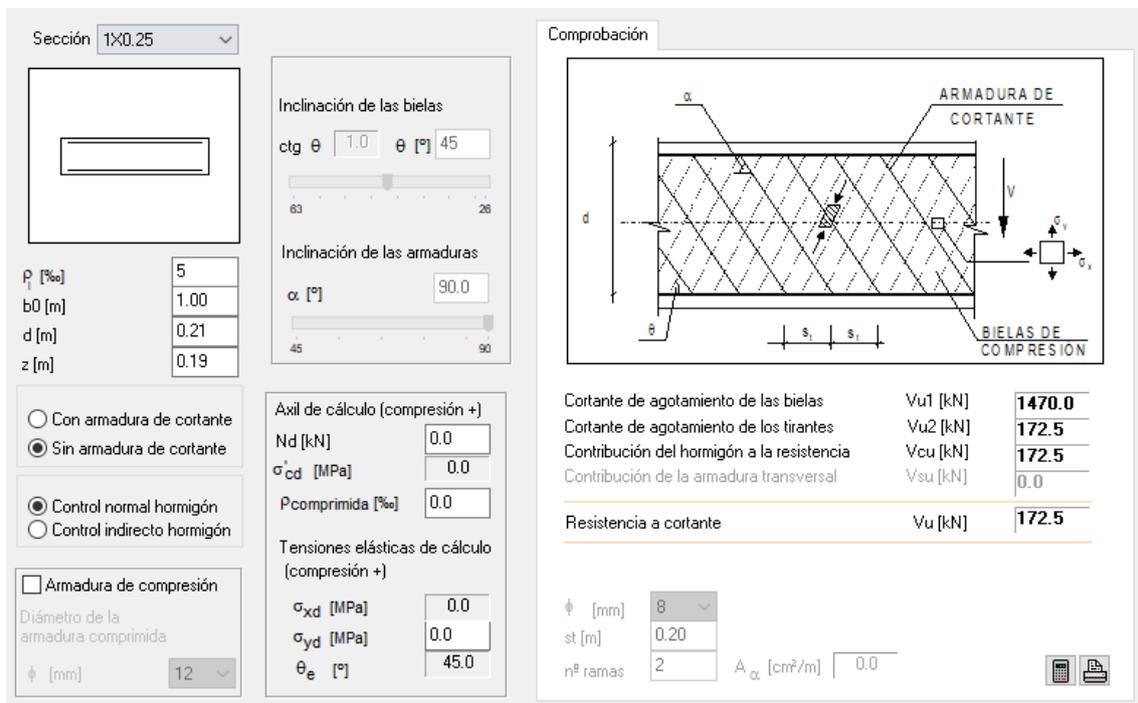


Figura 20. ELU cortante-Esfuerzo cortante resistente sin armadura en losa e=25cm

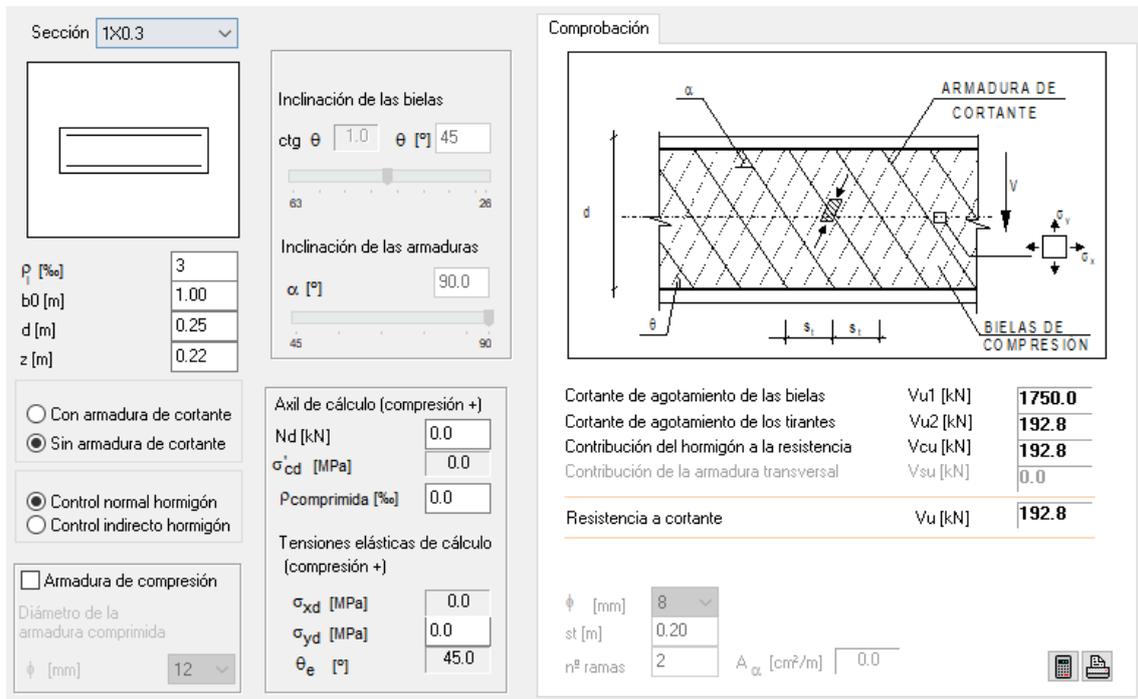


Figura 21. ELU cortante-Esfuerzo cortante resistente sin armadura en muro $e=30\text{cm}$

El esfuerzo resistente es superior al actuante por lo que se considera satisfecha esta condición de seguridad.

7.3.3. ELS fisuración

Es preciso verificar la abertura máxima de fisura cuando el momento correspondiente a la combinación cuasipermanente es superior al momento de fisuración de la sección. Antes de nada, por tanto, es preciso hallar el momento de fisuración de las secciones analizadas:

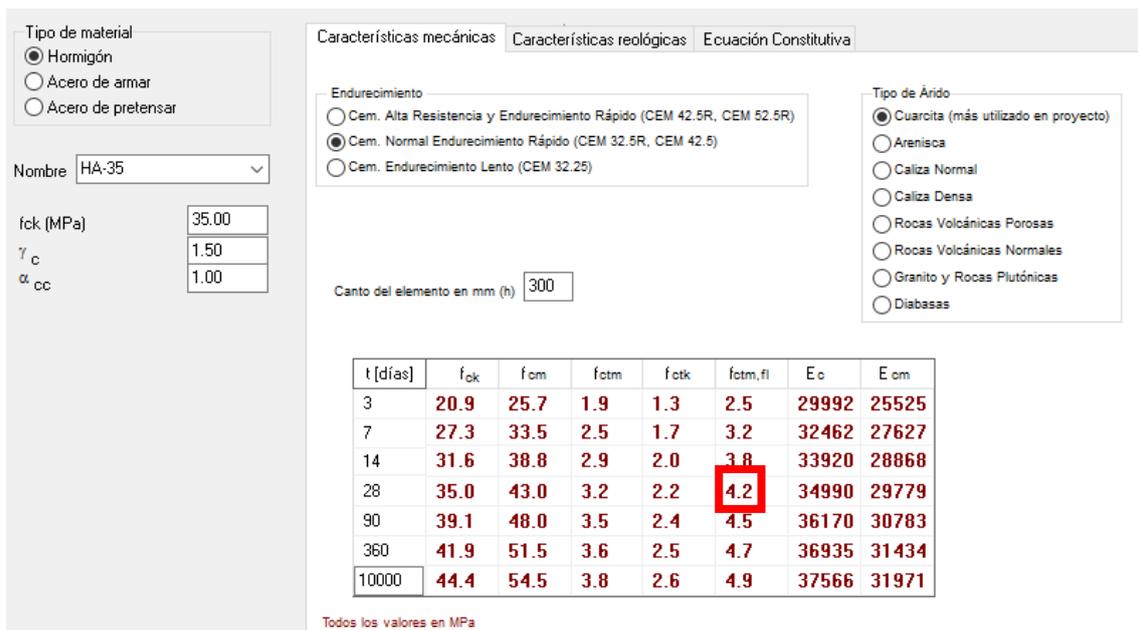


Figura 22. $f_{ctm,fl}$ en elementos de espesor 20, 25 y 30 cm (se coge el valor pésimo)

Los momentos de fisuración son, por tanto:

$$M_{fis} = 4,2MPa \cdot 1000mm \cdot \frac{200mm^2}{6} \cdot 10^{-6} = 28,00m \cdot kN$$

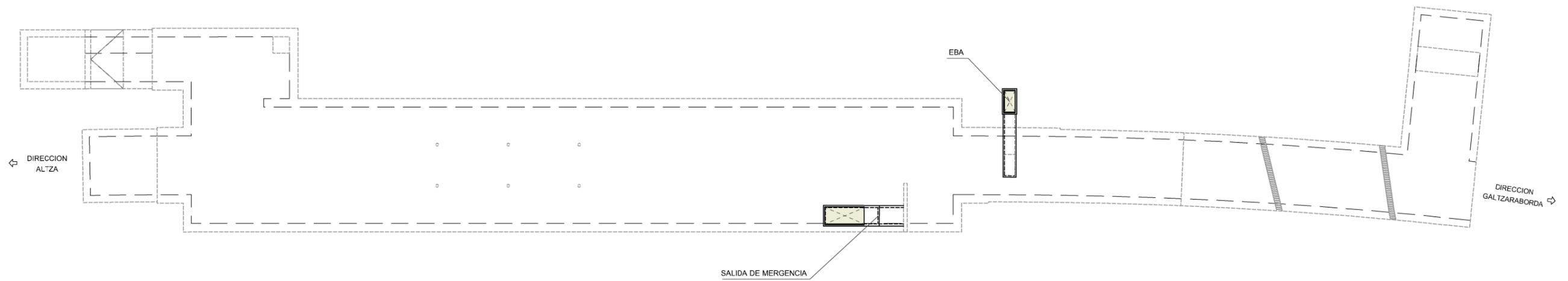
$$M_{fis} = 4,2MPa \cdot 1000mm \cdot \frac{250mm^2}{6} \cdot 10^{-6} = 43,75m \cdot kN$$

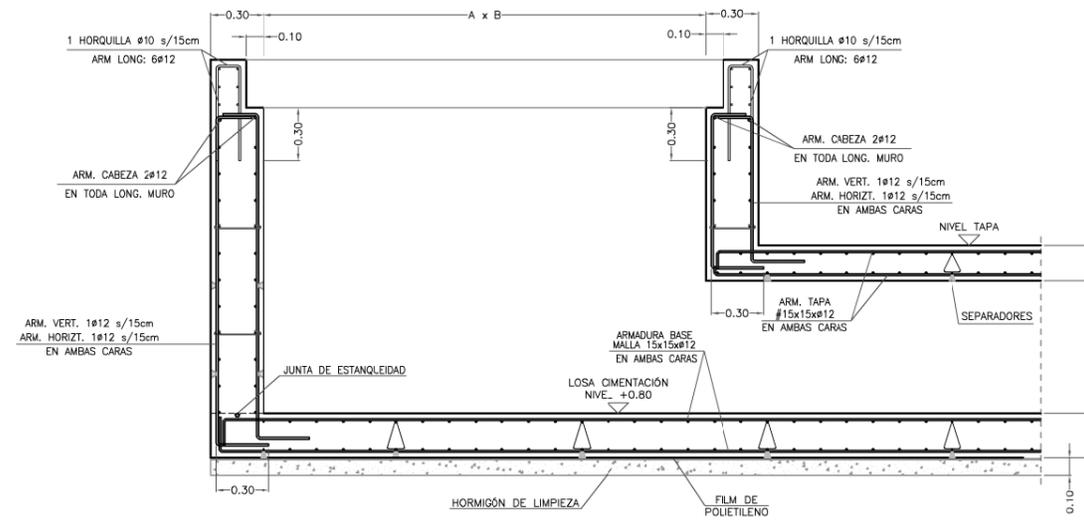
$$M_{fis} = 4,2MPa \cdot 1000mm \cdot \frac{300mm^2}{6} \cdot 10^{-6} = 63,00m \cdot kN$$

Como se puede observar en la imagen anterior el momento de fisuración es superior al momento correspondiente a la combinación de acciones ELS cuasipermanente por lo que la abertura característica de fisura es nula.

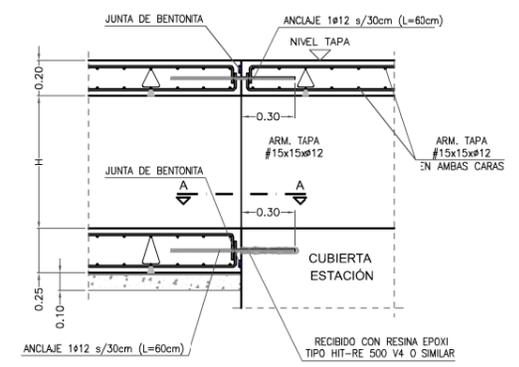
8. Normativa y recomendaciones empleadas

- Instrucción de Hormigón Estructural. EHE-08.
- Código Técnico de la Edificación:
 - Seguridad Estructural. CTE-DB-SE.
 - Acciones. CTE-DB-SE-AE.

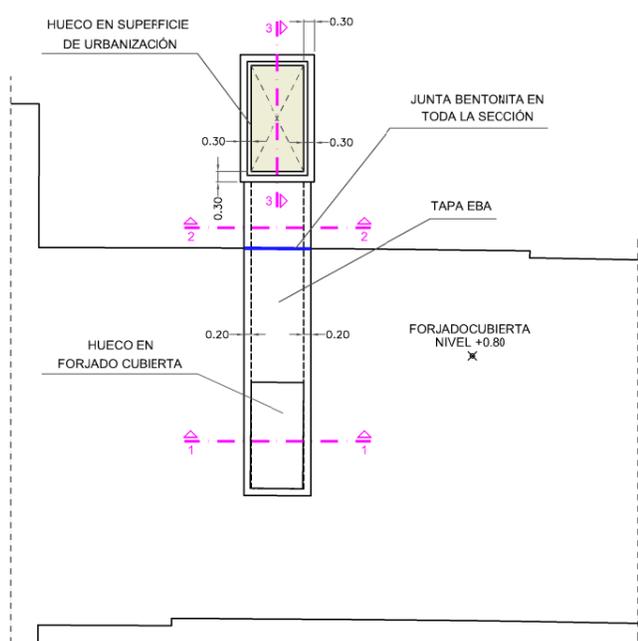




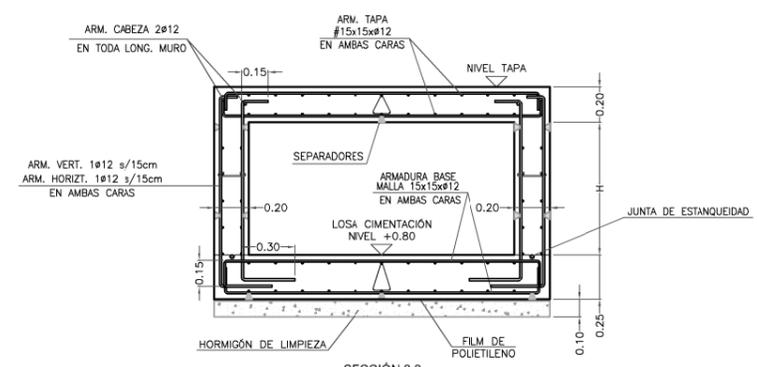
SECCIÓN 3-3
DETALLE ARMADURA EBA
E(A1) 1:20
E(A3) 1:40



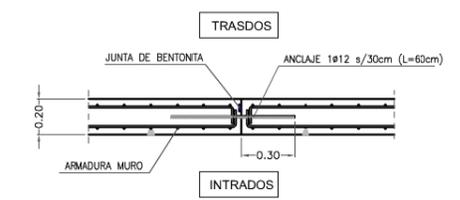
DETALLE JUNTA BENTONITA
E(A1) 1:20
E(A3) 1:40



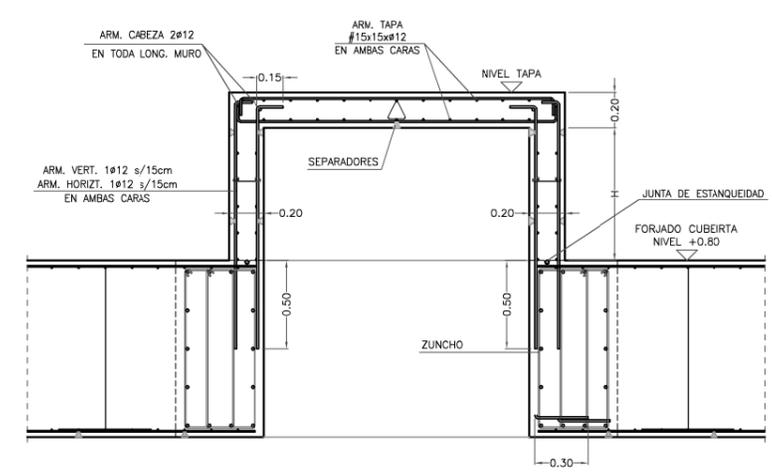
PLANTA EBA
E(A1) 1:100
E(A3) 1:200



SECCIÓN 2-2
DETALLE ARMADURA EBA
E(A1) 1:20
E(A3) 1:40



SECCIÓN A-A
E(A1) 1:20
E(A3) 1:40



SECCIÓN 1-1
DETALLE ARMADURA EBA
E(A1) 1:20
E(A3) 1:40