



ANEJO III: CÁLCULO ESTRUCTURAL (I)

Pardo García, Nuria



ÍNDICE

1.	OBJETO.....	1	7.1.1.	RECUBRIMIENTO.....	12
2.	DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.....	1	7.2.	CÁLCULOS REFERENTES A LA ARMADURA ACTIVA	14
3.	NORMATIVA.....	1	7.2.1.	FASES CONSTRUCTIVAS	14
4.	ACCIONES A CONSIDERAR	2	7.2.2.	DIMENSIONAMIENTO DEL PRETENSADO	14
4.1.	ACCIONES PERMANENTES	2	7.2.3.	ELECCIÓN DEL CABLE DEL PRETENSADO	17
4.1.1.	PESO PROPIO	2	7.2.4.	PÉRDIDAS DE PRETENSADO	18
4.1.2.	CARGA MUERTA	2	7.2.5.	ELS. LIMITACIÓN DE TENSIONES. CONTROL DE FISURACIÓN.....	22
4.2.	ACCIONES PERMANENTES DE VALOR NO CONSTANTE	3	7.2.6.	ELS. COMPROBACIÓN DE FLECHA.....	24
4.2.1.	PRESOLICITACIONES	3	7.3.	CÁLCULOS REFERENTES A LA ARMADURA PASIVA	26
4.2.2.	PRETENSADO	3	7.3.1.	FLEXIÓN LONGITUDINAL. DIMENSIONAMIENTO	26
4.2.3.	ACCIONES DEBIDAS AL TERRENO	3	7.3.2.	FLEXIÓN TRANSVERSAL. DIMENSIONAMIENTO	33
4.3.	ACCIONES VARIABLES	3	7.3.3.	SOLICITACIONES TANGENCIALES.DIMIENSIONAMIENTO DE ARMADURA CORTANTE ...	50
4.3.1.	SOBRECARGA DE USO.....	3	8.	CÁLCULO DE LOS ACCESOS. RAMPAS Y ESCALERAS	53
4.3.2.	EMPUJE SOBRE BARANDILLAS Y BARRERAS	3	8.1.	CÁLCULO DE LAS RAMPAS.....	53
4.3.3.	NIEVE	4	8.1.1.	DATOS GEOMÉTRICOS Y MECÁNICOS	53
4.4.	ACCIONES ACCIDENTALES.....	4	8.1.2.	RECUBRIMIENTOS.....	54
4.4.1.	IMPACTO DE VEHÍCULOS.....	4	8.1.3.	DIMENSIONAMIENTO Y LIMITACIÓN DE TENSIONES. RAMPA LENTA	55
4.4.2.	ACCIÓN SISMICA.....	4	8.1.4.	DIMENSIONAMIENTO Y LIMITACIÓN DE TENSIONES. RAMPA RÁPIDA.....	59
5.	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	5	8.2.	CÁLCULO DE LAS ESCALERAS.....	63
6.	COMBINACIÓN DE ACCIONES.....	5	8.2.1.	DATOS GEOMETRICOS Y MECÁNICOS	63
6.1.	ESTADO LÍMITE ÚLTIMO	5	8.2.2.	RECUBRIMIENTOS.....	63
6.2.	ESTADO LÍMITE DE SERVICIO	7	8.2.3.	DIMENSIONAMIENTO Y CONTROL DE FISURACIÓN	64
6.3.	CASOS DE CARGA	8	8.3.	CÁLCULO DEL ZUNCHO DE CONEXIÓN.....	81
6.4.	COMBINACIONES	8	8.3.1.	DATOS GEOMÉTRICOS Y MECÁNICOS	81
7.	CÁLCULO DEL TABLERO	12	8.3.2.	RECUBRIMIENTOS.....	81
7.1.	DESCRIPCIÓN Y GEOMETRÍA.....	12	8.3.3.	DIMENSIONAMIENTO. ELU RESISTENTE	82
			9.	RESUMEN DEL ARMADO.....	98



1. OBJETO

El objeto del presente documento es la descripción y definición de la estructura, así como el dimensionamiento, justificación y comprobación de cada uno de los elementos estructurales que conforman la pasarela. Dichos cálculos se realizan de acuerdo con la normativa vigente y mediante los procedimientos actualmente aceptados.

2. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

El emplazamiento de las obras se encuentra en el Término municipal de Requena, en el interior de Valencia. La pasarela proyectada se dispone transversalmente a la antigua N-III.

La estructura diseñada consiste en una pasarela de vano simple realizada con vigas prefabricadas de hormigón pretensado.

La sección resistente está constituida por tres vigas y la losa del tablero. Las vigas son de hormigón pretensado y en forma de doble T; al ala superior de la viga se conecta directamente la losa conformando así una sección de mayor canto e inercia; mejorando el comportamiento de la estructura.

La losa está constituida por una prelosa prefabricada de 8cm de espesor que conecta con la parte superior de la viga que una vez puesta en obra se hormigona la losa, quedando su espesor de 25 cm y constituyendo una unión monolítica con las vigas. De este modo la sección resistente pasa a ser viga más losa una vez endurecido el hormigón de ésta última.

El tablero de la pasarela tiene ancho variable pasando de 12 metros en apoyos a 9 metros en centro de vano. Esto supone que las vigas soportan desde un voladizo de 1 metro en la sección central y de 2,5 metros en la sección de apoyos, aproximadamente. Esta planta curva vendrá ya definida geométricamente por las prelosas prefabricadas de taller; que se disponen en módulos de 2,5 metros ya con su extremo curvado. Una vez en obra mediante encofrado se le dará la misma forma a toda la losa.

El apoyo del tablero queda resuelto mediante dos aparatos de apoyo a ambos lados. En el extremo derecho se apoya directamente en el muro que conforma el estribo y en el apoyo de la derecha sobre el dintel de la pila dispuesta.

Las rampas de acceso están constituidas por losas de hormigón armado. La rampa lenta posee una pendiente del 6% (apta para el uso de personas discapacitadas) con un recorrido de 135 metros.

Mientras que la rampa rápida tiene una pendiente del 12% lo que permite reducir su longitud a la mitad, 67 metros. La sección de la losa es de 3 metros de ancho y 0,25 metros de canto.

Se han realizado pórticos que sustentan las rampas a lo largo de todo su recorrido.

Las escaleras de acceso están constituidas por una losa de hormigón armado, de 4,9 metros de ancho y un canto de 0,25 metros. La escalera se sustenta con 6 pilas colocadas en los tres tramos de descansillos que hay en esta zona (dos pilas en cada tramo de descansillo).

La unión de rampas y escaleras al tablero será mediante la construcción de un zuncho que transmita directamente a la pila principal, en el que las rampas y escaleras se empotran.

3. NORMATIVA

Para la redacción de este documento se han seguido las siguientes Normas e Instrucciones:

- IAP-11. Instrucción sobre acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera
- CTE. Código técnico de la edificación
- EC-0. Eurocódigo 0. Bases para el cálculo de estructuras
- EC-1. Eurocódigo 1. Acciones en estructuras
- EC-2. Eurocódigo 2. Proyecto de estructuras de hormigón



- EC-7. Eurocódigo 7. Proyecto geotécnico
- EHE-98. Instrucción de Hormigón Estructural
- Guía de cimentaciones en obras de carretera
- Recomendaciones para el proyecto y puesta en obra de los aparatos elastoméricos para puentes de carretera

Las cargas debidas al peso propio son:

- $G_{viga} = \gamma_H \cdot \text{Área} = 25 \cdot 0,5117 = 12,7925 \frac{KN}{m}$
- $G_{losa} = \gamma_H \cdot b \cdot h = 25 \cdot 10,5 \cdot 0,25 = 65,62 \frac{KN}{m}$

Para los cálculos se considera como b, el ancho medio (10,5m) de la pasarela; ya que pasa de 12 a 9 metros.

4. ACCIONES A CONSIDERAR

4.1. ACCIONES PERMANENTES

Las acciones permanentes son aquellas producidas por el peso de los distintos elementos que forman parte de la pasarela. Corresponden a acciones que actúan en todo momento y son constantes en posición y en magnitud. En ellas están comprendidas las cargas muertas y el peso propio. Para hallar la carga distribuida que se da en cada sección; al ser la pasarela de ancho variable, se ha considerado un ancho medio de 10,5 metros.

4.1.1. PESO PROPIO

Esta acción corresponde al peso de los elementos estructurales, teniendo en cuenta su sección bruta y el peso específico del material. A continuación se detalla el peso específico del Hormigón ya que el elemento resistente son las vigas de HP y la losa de HA.

$$\gamma_H = 25 \frac{KN}{m^3}$$

4.1.2. CARGA MUERTA

Se consideran las cargas debidas a los elementos no estructurales que gravitan sobre la estructura, entre ellos se encuentran: pavimentos, iluminación, impostas, barreras, conductos de servicios, etc.

- $CM_{pavimento} = \gamma_{pav} \cdot b \cdot h = 23 \cdot 10,5 \cdot 0,01 = 2,415 \frac{KN}{m}$

Para el resto de carga muerta se ha considerado en conjunto una acción de:

- $CM_{global} = 5,5 \frac{KN}{m}$

4.2. ACCIONES PERMANENTES DE VALOR NO CONSTANTE

4.2.1. PRESOLICITACIONES

Incluye todos los esfuerzos introducidos en la estructura antes de su puesta en servicio, con el fin de mejorar su respuesta frente al conjunto de solicitaciones a las que posteriormente se verá sometida. Estas presolicitaciones son las inducidas por la acción de gatos mecánicos de tesado, el bloqueo provisional de coacciones, los desplazamientos impuestos en los apoyos, etc.

4.2.2. PRETENSADO

La acción del pretensado depende de la forma de introducción de la misma y la posibilidad de deformación de la estructura.

En este caso se trata de pretensado postesado interior ya que está dispuesto dentro de la sección de hormigón, citados como P1 por la IAP-11.. Con una valor de $P_{m\acute{a}x} = 8105,4$ KN.

Se actuará siguiendo las pautas recogidas en UNE-EN 1992.

4.2.3. ACCIONES DEBIDAS AL TERRENO

En el cálculo de los elementos que contienen las tierras, en este caso el estribo derecho; se tendrá en cuenta las acciones debidas al terreno en el trasdós, considerando independientemente los efectos de empuje y peso del terreno. En el caso del estribo derecho, en el trasdós se ha realizado un relleno de material cuyas principales características son:

$$\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi = 32^\circ$$

Mientras que el terreno del emplazamiento tiene las siguientes características:

$$\gamma = 22,4 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi = 25^\circ$$

4.3. ACCIONES VARIABLES

4.3.1. SOBRECARGA DE USO

En las sobrecarga de uso se consideran las acciones externas a la estructura que pueden actuar en toda o parte de la pasarela; dependiendo de si es más o menos desfavorable su consideración.

Según la IAP-11 debe tenerse en cuenta una sobrecarga de uso debida al tráfico de peatones de valor igual a $q = 5 \text{ KN/m}^2$.

- Para ($b=9$ m) $Q_{sc} = q \cdot b = 5 \cdot 9 = 45 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$
- Para ($b=10,5$ m) $Q_{sc} = q \cdot b = 5 \cdot 10,5 = 52,5 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$
- Para ($b=12$ m) $Q_{sc} = q \cdot b = 5 \cdot 12 = 60 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$

4.3.2. EMPUJE SOBRE BARANDILLAS Y BARRERAS

Para la comprobación resistente de la barandilla y sus anclajes se debe considerar un empuje horizontal sobre el pasamanos de la misma.

El esfuerzo que debe tenerse en cuenta es una fuerza horizontal distribuida de 1,5 KN/m; considerándose a la altura del pasamanos siempre que está sea inferior a 1,5 metros.

Remarcar que esta acción tiene carácter local y por ello se utilizará únicamente para la comprobación de la barandilla y no se tendrá en cuenta para ningún otro cálculo a nivel global.

4.3.3. NIEVE

Debido al emplazamiento de la pasarela no se tendrá en cuenta la acción de la nieve; ya que no hay riesgo de grandes nevadas; aún con todo habiéndose considerado la acción de la sobrecarga por toda la superficie del tablero sería suficiente.

4.4. ACCIONES ACCIDENTALES

4.4.1. IMPACTO DE VEHÍCULOS

No se consideran estas acciones al no permitirse el tráfico de vehículos sobre la misma.

4.4.2. ACCIÓN SÍSMICA

La acción sísmica se considerará en el proyecto de pasarelas de acuerdo con las prescripciones recogidas en la Norma de Construcción Sismorresistente de Puentes (NSCP-07). La aplicación de esta norma es obligatoria, salvo en edificaciones de importancia normal o cuando la aceleración sísmica básica (a_b) sea menor a 0,04g.

La aceleración sísmica horizontal básica (a_b) depende del emplazamiento de la obra; al encontrarse la misma en Requena (interior de la Comunidad Valenciana), no se ha tenido esta acción, ya que se encuentra en una zona donde el factor a_b es menor a 0,04g. En la Figura 1 puede verificarse:

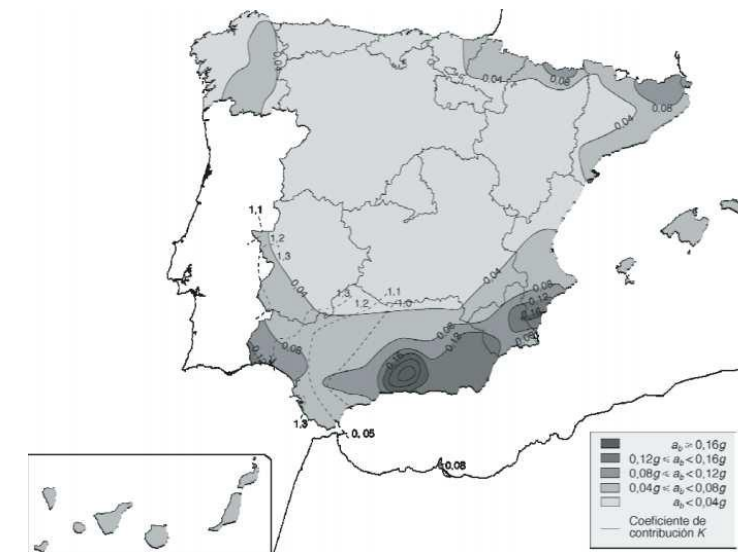


Figura1. Mapa de peligrosidad sísmica (NSCP-07)



5. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

En cuanto al hormigón:

ELEMENTO	DESIGNACIÓN	CONTROL	f _{ck} (MPa)	γ _o	f _{cd} (MPa)	E _c (MPa)
Zapata corrida	HA-30	Normal	30	1,5	20	32836,57
Zapata aislada	HA-30	Normal	30	1,5	20	32836,57
Pila estribo	HA-35	Normal	45	1,5	30	36283,19
Muro- estribo	HA-45	Normal	45	1,5	30	36283,19
Pila de rampas	HA-35	Normal	30	1,5	20	32836,57
Pila de escaleras	HA-35	Normal	30	1,5	20	32836,57
Losa tablero	HA-45	Normal	45	1,5	30,00	36283,19
Losa rampas	HA-35	Normal	35	1,5	23,33	34077,15
Losa escaleras	HA-35	Normal	35	1,5	23,33	34077,15
Zuncho de apoyo	HA-35	Normal	35	1,5	23,33	34077,15

Tabla 1. Características mecánicas del hormigón

Coeficiente de Poisson: ν=0.3

Coeficiente de dilatación térmica: α=1.2x10⁻⁵ ° C⁻¹

- En cuanto al acero:

ELEMENTO	DESIGNACIÓN	CONTROL	f _{yk} (MPa)	γ _o	f _{cd} (MPa)	E (MPa)
Vigas	B 500 S	Normal	500	1,15	434,78	200000
Losa	B500 S	Normal	500	1,15	434,78	200000
Pilas	B 500 S	Normal	500	1,15	434,78	200000
Cimentaciones	B500 S	Normal	500	1,15	434,78	200000
Rampas	B 500 S	Normal	500	1,15	434,78	200000
Viga	Y 1860 S7	Intenso	1860	1,15	1373,91	195000

Tabla 2. Características mecánicas del acero

Densidad: γ=7850 $\frac{kg}{m^3}$

Módulo de elasticidad transversal: G=81000 N/mm²

Coeficiente de Poisson: ν=0.3

Coeficiente de dilatación térmica: α=1.2x10⁻⁵ ° C⁻¹

Conductividad eléctrica: σ=3x10⁶ Ω⁻¹ · m⁻¹

6. COMBINACIÓN DE ACCIONES

A continuación se describen las distintas combinaciones de acciones que se han tenido en cuenta para la verificación de los distintos estados límites, teniendo en cuenta los coeficientes de combinación y mayoración de acciones de la IAP-11.

6.1. ESTADO LÍMITE ÚLTIMO

Los estados límites últimos son los que de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, pudiendo llegar al colapso total o parcial de la estructura. Para la combinación de estos estados se consideran las situaciones persistentes o transitorias y las accidentales sin sismo, al no estar en una zona de alta sismicidad.

A continuación se desarrollan las dos situaciones:

- Situación persistente o transitoria:

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

Siendo:

$G_{k,j}$: valor característico de cada acción permanente

$G_{k,m}^*$: valor característico de cada acción permanente de valor no constante

$Q_{k,1}$: valor característico de la acción variable dominante

$\psi_{0,i} Q_{k,i}$: valor de combinación de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante

γ_G, γ_Q : coeficientes parciales

○ Situación accidental:

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

Siendo:

$G_{k,j}$: valor característico de cada acción permanente

$G_{k,m}^*$: valor característico de cada acción permanente de valor no constante

$\psi_{1,1} Q_{k,1}$: valor frecuente de la principal acción variable dominante con la acción accidental

$\psi_{2,i} Q_{k,i}$: valor casi-permanente del resto de las acciones variables concomitantes

A_d : valor de cálculo de la acción accidental

Para ELU de equilibrio:

COEFICIENTES DE SEGURIDAD (ELU Equilibrio)			
Acción		Efecto	
		Favorable	Desfavorable
Permanente (G)	Peso Propio	0,9	1,1
	Carga Muerta	0,9	1,1
Permanente de valor no constante (G*)		Pretensado	1
Variable (Q)		Sobrecarga de Uso	0
			1,35

Tabla 3. Coeficiente de seguridad para ELU Equilibrio

Para ELU de comprobación resistente:

COEFICIENTES DE SEGURIDAD (ELU Resistente)			
Acción		Efecto	
		Favorable	Desfavorable
Permanente (G)	Peso Propio	1	1,35
	Carga Muerta	1	1,35
Permanente de valor no constante (G*)		Pretensado	1
Variable (Q)		Sobrecarga de Uso	0
			1,35

Tabla 4. Coeficiente de seguridad para ELU Resistente

6.2. E

STADO LÍMITE DE SERVICIO

Los estados límites de servicio son los que de ser superados, afectan al confort y bienestar de los usuarios, al correcto funcionamiento de la estructura o a la apariencia. Para la combinación de estos estados se considera únicamente las situaciones persistentes, como marca la IAP-11, excluyéndose las situaciones accidentales.

A continuación se desarrollan las diferentes combinaciones de acciones:

- Combinación característica:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Esta combinación coincide con la fundamental de ELU, se utiliza en general para la verificación de ELS irreversibles (p.e. limitación de tensiones)

- Combinación frecuente:

-

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

Esta combinación se utiliza en general para la verificación de ELS reversibles (p.e. fisuración en pretensado)

- Combinación casi-permanente:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Esta combinación se utiliza en general para la verificación de ELS reversibles y para la evaluación de los efectos diferidos (p.e. fisuración en armado, flechas diferidas, etc)

Los coeficientes de seguridad para ELS son:

COEFICIENTES DE SEGURIDAD (ELS)			
Acción		Efecto	
		Favorable	Desfavorable
Permanente (G)	Peso Propio	1	1
	Carga Muerta	1	1
Permanente de valor no constante (G*)	Pretensado	0,9	1,1
Variable (Q)	Sobrecarga de Uso	0	1

Tabla 5. Coeficiente de seguridad para ELS

Los factores de simultaneidad según la IAP-11 son:

COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD				
Sobrecarga de uso	Acción	ψ_0	ψ_1	ψ_2
	En pasarelas	0,4	0,4	0

Tabla 6. Coeficiente de simultaneidad

6.3. CASOS DE CARGA

Los casos de carga han sido iguales para la pasarela como para los accesos; rampas y escaleras. Se han combinado las acciones permanentes de valor constante: el peso propio y la carga muerta, con las acciones permanentes de valor no constante: el pretensado; y con las acciones variables: la sobrecarga de uso. Estas combinaciones se han aplicado tanto a las ELS citados como a los ELU.

Casos de sobrecarga de uso:

- Máxima carga : Toda la superficie cargada con Peso propio, Carga muerta, Pretensado (en su caso) y Sobrecarga de uso(SC).
- Máxima carga media sección: Toda la superficie cargada con Peso propio, Carga muerta, Pretensado (en su caso). En sentido longitudinal la sobrecarga de uso cargada la mitad de la superficie (la más desfavorable en cuanto a esfuerzos). Esta sobrecarga de uso es SC1.

6.4. COMBINACIONES

A continuación se desarrollan las diferentes combinaciones de las diferentes hipótesis de carga y combinaciones.

- Combinaciones de ELU (comprobación resistente):

Situación persistente o transitoria			
Sobrecarga en todo el vano			
ELU 1	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	1,35	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	1,35	1
Pretensado	-	1	1
SC	5 KN/m ²	1,35	0,4

Situación persistente o transitoria			
Sobrecarga en todo el vano			
ELU 2	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	1,35	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	1,35	1
Pretensado	-	1	1
SC	5 KN/m ²	0	0,4

Situación persistente o transitoria			
Sobrecarga en mitad del vano			
ELU 3	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	1,35	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	1,35	1
Pretensado	-	1	1
SC1	5 KN/m ²	1,35	0,4

Situación persistente o transitoria			
Sobrecarga en todo el vano			
ELU 4	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	1,35	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	1,35	1
Pretensado	-	1	1
SC1	5 KN/m ²	0	0,4

Situación persistente o transitoria			
Sobrecarga en mitad del vano			
ELU 7	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	0,9	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	0,9	1
Pretensado	-	1	1
SC1	5 KN/m ²	1,35	0,4

- Combinación de ELU (equilibrio):

Situación persistente o transitoria			
Sobrecarga en todo el vano			
ELU 5	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	0,9	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	0,9	1
Pretensado	-	1	1
SC	5 KN/m ²	1,35	0,4

Situación persistente o transitoria			
Sobrecarga en todo el vano			
ELU 8	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	0,9	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	0,9	1
Pretensado	-	1	1
SC1	5 KN/m ²	0	0,4

- Combinación de ELS (característica):

Situación persistente o transitoria			
Sobrecarga en todo el vano			
ELU 6	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	0,9	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	0,9	1
Pretensado	-	1	1
SC	5 KN/m ²	0	0,4

Combinación característica			
Sobrecarga en todo el vano			
ELS 1	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	1	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	1	1
Pretensado	-	1	1
SC	5 KN/m ²	1	0,4

Combinación característica			
Sobrecarga en todo el vano			
ELS 2	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	1	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	1	1
Pretensado	-	1	1
SC	5 KN/m ²	0	0,4

Combinación característica			
Sobrecarga en mitad del vano			
ELS 3	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	1	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	1	1
Pretensado	-	1	1
SC1	5 KN/m ²	1	0,4

Combinación característica			
Sobrecarga en todo el vano			
ELS 4	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	1	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	1	1
Pretensado	-	1	1
SC1	5 KN/m ²	0	0,4

- Combinación ELS (frecuente):

Combinación frecuente			
Sobrecarga en todo el vano			
ELS 5	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	1	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	1	1
Pretensado	-	1	1
SC	5 KN/m ²	1	0,4

Combinación frecuente			
Sobrecarga en todo el vano			
ELS 6	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	1	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	1	1
Pretensado	-	1	1
SC	5 KN/m ²	0	0,4

Combinación frecuente			
Sobrecarga en mitad del vano			
ELS 7	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	1	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	1	1
Pretensado	-	1	1
SC1	5 KN/m ²	1	0,4

Combinación frecuente			
Sobrecarga en todo el vano			
ELS 8	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	1	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	1	1
Pretensado	-	1	1
SC1	5 KN/m ²	0	0,4

Combinación casi-permanente			
Sobrecarga en mitad del vano			
ELS 11	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	1	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	1	1
Pretensado	-	1	1
SC1	5 KN/m ²	1	0

- Combinación ELS (casi-permanente):

Combinación casi-permanente			
Sobrecarga en todo el vano			
ELS 9	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	1	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	1	1
Pretensado	-	1	1
SC	5 KN/m ²	1	0

Combinación casi-permanente			
Sobrecarga en todo el vano			
ELS 12	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	1	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	1	1
Pretensado	-	1	1
SC1	5 KN/m ²	0	0

Combinación casi-permanente			
Sobrecarga en todo el vano			
ELS 10	VALOR	γ_F	ψ
P.propio	-	1	1
C.Muerta	0,75 KN/m ²	1	1
Pretensado	-	1	1
SC	5 KN/m ²	0	0

7. CÁLCULO DEL TABLERO

7.1. DESCRIPCIÓN Y GEOMETRÍA

La pasarela en cuestión es de un simple vano de 25 metros. El tablero está compuesto por tres vigas postesas en doble T. La losa superior está constituida por prelosas prefabricadas que una vez dispuestas sobre las vigas se hormigonan hasta conformar el canto total de la losa.

Se conoce que la relación canto/luz habitual para pasarelas oscila entre 1/6 y 1/20, por ello teniendo en cuenta que la luz necesaria a salvar es de 25 metros hemos decidido optimizar al máximo la sección y escoger un canto de 1,25m cumpliendo así la relación de 1/20.

La sección resistente es todo el tablero (viga y losa), ya que ambas están unidas monolíticamente formando una única sección resistente. La viga tiene un canto de 1,1 metros y la losa de 0,25 metros de los cuales 0,10 se descuelgan de la base superior de la viga, conformando así el canto dicho de 1,5 metros.

Para encontrar la geometría idónea de la viga se han debido hacer muchas modificaciones desde la viga inicialmente pensada; tras hacer varios cálculos estimativos del dimensionamiento de la armadura se pudo llegar a la solución definitiva que se presenta en la Figura 2.

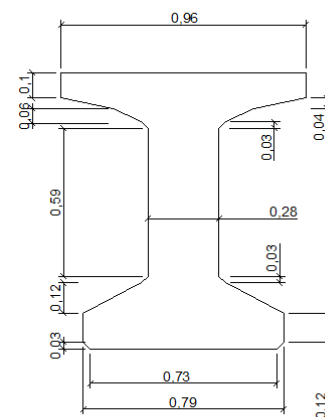


Figura 2. Sección de la viga

La losa por lo tanto es de 0,25 metros de canto y se extiende por todo el tablero. El ancho del tablero es variable; siendo de 9 metros en el centro de vano y de 12 metros en los extremos. Por ello las vigas extremas tienen que soportar un voladizo variable que va desde 1.1 metro en la zona central a 2,5 metro en los apoyos. En la Figura 3 se muestra la sección de centro luz de losa y viga.

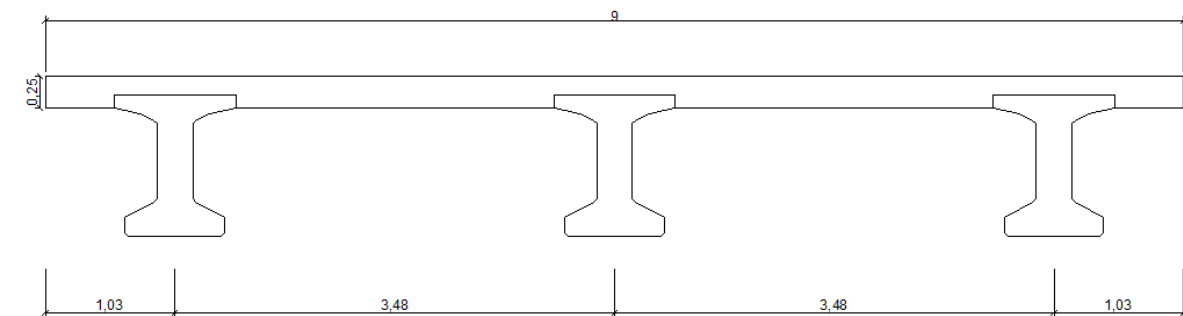


Figura 3. Sección transversal del centro de vano

7.1.1. RECUBRIMIENTO

Para hallar el recubrimiento mínimo necesario de la armadura; tenemos que ir a la norma EC-2 y ver las limitaciones que nos exigen.

El recubrimiento nominal viene dado por:

$$c_{nom} = c_{mín} + \Delta c_{dev}$$

Siendo

$c_{\min}$:

$$\max \left\{ c_{\min, \text{dur}} + \frac{c_{\min, b}}{10\text{mm}} - \Delta c_{\text{dur}, \text{add}} \right.$$

Teniendo en cuenta que nos encontramos en un ambiente X0 (ya que no tenemos riesgo de corrosión inducida por carbonatación ni por cloruros), que la vida útil es de 100 años y tenemos un hormigón C45/50 hallamos $c_{\min, \text{dur}}$:

- $c_{\min, \text{dur}} = 20\text{mm}$

$c_{\min, b}$, depende del tamaño máximo del árido ($<32\text{mm}$), y del diámetro de la armadura/vainas.

En el caso de la armadura pasiva será el recubrimiento mínimo igual al diámetro de la armadura; mientras que en el caso de la armadura activa debe ser para vainas circulares, que es nuestro caso, como mínimo el diámetro de la vaina. Por lo tanto:

- En armadura pasiva cara inferior de la viga: $c_{\min, b} = 40\text{ mm}$ (suponemos redondos de $\varnothing 40$)
- En armadura pasiva cara superior de la viga: $c_{\min, b} = 20\text{ mm}$ (suponemos redondos de $\varnothing 20$)
- En armadura pasiva cara superior de la losa: $c_{\min, b} = 20\text{ mm}$ (suponemos redondos de $\varnothing 20$)
- En armadura pasiva cara inferior de la losa: $c_{\min, b} = 12\text{ mm}$ (suponemos redondos de $\varnothing 12$)
- En armadura activa: $c_{\min, b} = 100\text{mm}$ (suponemos vaina de $\varnothing_{\text{ext}} = 100$)

La tolerancia del recubrimiento se considera, $\Delta c_{\text{dev}} = 10\text{mm}$.

Por lo tanto el recubrimiento nominal y el mecánico quedan definidos por:

- Viga: Armadura pasiva superior(comprimida):
 $c_{\text{nom}} = 20 + 10 = 30\text{mm}$
 $c_{\text{mec}} = c_{\text{nom}} + \frac{\varnothing}{2} = 40\text{mm}$

- Viga: Armadura pasiva inferior(traccionada):

$$c_{\text{nom}} = 40 + 10 = 50\text{mm} \quad c_{\text{mec}} = c_{\text{nom}} + \frac{\varnothing}{2} = 70\text{mm}$$

- Viga: Armadura activa:

$$c_{\text{nom}} = 95 + 10 = 105\text{mm} \quad c_{\text{mec}} = c_{\text{nom}} + \frac{\varnothing}{2} = 152,5\text{ mm}$$

- Losa: Armadura pasiva superior(traccionada):

$$c_{\text{nom}} = 20 + 10 = 30\text{mm} \quad c_{\text{mec}} = c_{\text{nom}} + \frac{\varnothing}{2} = 40\text{mm}$$

- Losa: Armadura pasiva inferior(comprimida):

$$c_{\text{nom}} = 20 + 10 = 30\text{mm} \quad c_{\text{mec}} = c_{\text{nom}} + \frac{\varnothing}{2} = 36\text{mm}$$

Teniendo en cuenta que se debe cumplir unos mínimos y máximos de la distancia entre armaduras; el armado de la viga y de la losa queda tal y como se representa en la Figura 4:

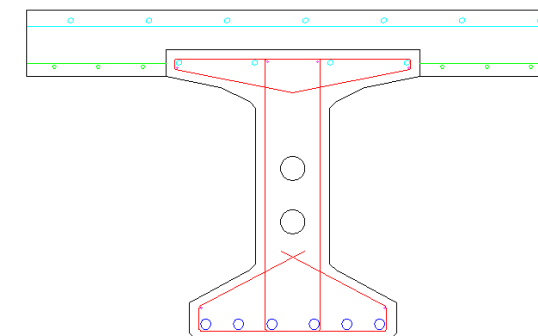


Figura 4. Armado de viga y losa

7.2. CÁLCULOS REFERENTES A LA ARMADURA ACTIVA

7.2.1. FASES CONSTRUCTIVAS

Para analizar la estructura hay que tener en cuenta el proceso constructivo ya que este afecta a la sección resistente que hay en cada momento de la construcción.

Fase 1

La viga está dispuesta en su ubicación final soportando su propio peso.

Fase 2

Colocación de la prelosa sobre la losa y hormigonado de la misma. La viga debe resistir su propio peso y el del hormigón de la losa hasta que endurezca.

Fase 3

Endurecida la losa, se continúan con los trabajos sobre la misma, actuando la carga muerta. La sección resistente comienza a ser el conjunto viga-losa.

Fase 4

La estructura entra en servicio.

7.2.2. DIMENSIONAMIENTO DEL PRETENSADO

En primer lugar vamos a definir los datos de los cuales partimos para realizar cualquier cálculo de los que se muestre a continuación:

Datos de las secciones		
	VIGA	VIGA+LOSA
Área(m ²)	0,5117	1,2936
I _x (m ⁴)	0,0743	0,9139
I _y (m ⁴)	0,0184	0,1841
V1 (m)	0,5508	0,3472
V2 (m)	-0,5492	-0,9028
P.Inercia (XY)	0	0
R.giro X	0,3812	0,3773
R.giro Y	0,1898	0,8405
Canto (m)	1,1	1,25

Carga distribuida que afecta a una viga			
PP	Losa	21,953	KN/m
	Viga	12,793	KN/m
Cm	Pavimento	0,808	KN/m
	Barandilla...	1,839	KN/m
Q	Sc.uso	17,5625	KN/m

Para el dimensionamiento del pretensado también es necesario establecer un porcentaje de pérdidas instantáneas, pérdidas diferidas y los siguientes coeficientes:

Previsión perdidas	
i	0,129
c	0,121
rsup	1,1
rinf	0,9
K	1,390

Consideramos que la viga se tesa a los 28 días y que la armadura activa es postesa adherente, en el momento de tesar está actuando únicamente el peso propio.

I. Sección determinante.

La sección que se va a analizar va a ser la de centro vano; ya que es la única sección determinante.

II. Límites de tensiones.

Para asegurar la aptitud al servicio de la estructura se debe cumplir las limitaciones tensionales tanto máxima como mínima del hormigón.

Se considera como: Tensión máxima $\sigma_{c,m\acute{a}x} = 0,6 \cdot f_{ck} = 27 \text{ MPa}$

Tensión mínima: $\sigma_{c,min} = 0 \text{ MPa}$

III. Flectores máximos y mínimos.

Se hallan los flectores máximos con las combinaciones frecuentes y característica. Como el proceso constructivo afecta a la sección resistente de los esfuerzos actuantes se hallan los flectores en ambos casos. Queda definido como caso 1, cuando la sección resistente es únicamente la viga que es en la Fase 1 y Fase 2 del proceso constructivo. El caso 2 es cuando la sección resistente ya es el conjunto viga-losa que corresponde con las Fases 3 y 4 del proceso constructivo. Los flectores con los que se trabaja son los siguientes:

Flectores max y min			
Ppviga	g_viga	12,7925	KN/m
	Mg	999,414063	KN.m
Pplosa	g_losa	21,95	KN/m
	Mg	1714,84375	KN.m
C.muerta	cm	2,65	KN/m
	Mcm	207,03125	KN.m
C.variable	sc	17,5625	KN/m
	Msc	1372,07031	KN.m

Para el caso 1 (en el que la sección resistente es la viga) los flectores máximos y mínimos son:

CASO 1	Mmax	2714,257813	KN·m
	MmaxF	2714,257813	KN·m
	Mmin	999,4140625	KN·m
	MminF	999,4140625	KN·m

Para el caso 2 (en el que la sección resistente es viga-losa) los máximos y mínimos flectores son:

CASO 2	Mmax(PP)	2714,257813	KN·m
	Mmax(cm+sc)	1579,101563	KN·m
	MmaxF (PP)	2714,257813	KN·m
	MmaxF (cm+sc)	755,859375	KN·m
	Mmin	2714,257813	KN·m
	MminF	2714,257813	KN·m

IV. Derterminación de la fuerza de pretensado.

Para hallar el valor mínimo necesario de la fuerza de pretensado se debe igualar la tensión que ésta generaría a la tensión máxima y mínima de las fibras superior e inferior del hormigón.

En primer lugar sabemos que la excentricidad en la sección analizada es negativa; por lo que la fuerza de pretensado se aplica más cerca del borde inferior; a una distancia de 0,15 m.

Lo que se hace a continuación es considerar una P_{sup} y una P_{inf} , y realizar la comprobación con estos valores. Por ejemplo para el caso de hallar la tensión mínima en la cara de abajo se deberá tener en cuenta la menor fuerza de pretensado (ya que queremos la menor compresión posible en esa zona) y el momento máximo ya que a mayor momento mayor tracción en la cara inferior y por tanto más reducida será la compresión. Siguiendo este razonamiento se presentan cuatro inecuaciones para cada caso (caso 1 y caso 2); y se despeja el valor de P_{sup} y P_{inf} , y a partir de él se haya el intervalo en el que puede estar comprendido $P_{m\acute{a}x}$.

En la sección determinante el cable tiene una excentricidad negativa de $e_0 = -0.3967$ en el caso 1 y $e_0 = -0.7503$ en el caso 2.

Las tensiones se comprueban en la fibra más comprimida (1) en la parte superior; y en la más traccionada (2) en la parte inferior.

Las inecuaciones de las que disponemos son:

- Para el CASO 1 (sección resistente: la viga)

$$\text{Inecuación 1: } \sigma_{c1,m\acute{a}x} = \frac{P_{inf}}{A} + \frac{P_{inf} \cdot e_0 + M_{m\acute{a}x}}{I} \cdot v_1 \leq \sigma_{c1,s}$$

$$\text{Inecuación 2: } \sigma_{c1,m\acute{i}n} = \frac{P_{sup}}{A} + \frac{P_{sup} \cdot e_0 + M_{m\acute{i}n}}{I} \cdot v_2 \leq \sigma_{c1,i}$$

$$\text{Inecuación 3: } \sigma_{c2,m\acute{i}n} = \frac{P_{inf}}{A} + \frac{P_{inf} \cdot e_0 + M_{m\acute{a}x}^F}{I} \cdot v_2 \geq \sigma_{c2,i}$$

$$\text{Inecuación 4: } \sigma_{c2,m\acute{a}x} = \frac{P_{sup}}{A} + \frac{P_{sup} \cdot e_0 + M_{m\acute{i}n}}{I} \cdot v_2 \geq \sigma_{c2,s}$$

- Para el CASO 2 (sección resistente: la viga-losa)

$$\text{Inecuación 5: } \sigma'_{c1,m\acute{a}x} = \frac{P_{inf}}{A} + \frac{P_{inf} \cdot e_0 + M_{m\acute{a}x}(PP)}{I_{viga}} \cdot v_1 + \frac{M_{m\acute{a}x}(cm+sc)}{I_{v+l}} \cdot v'_1 \leq \sigma_{c1,s}$$

$$\text{Inecuación 6: } \sigma'_{c1,m\acute{i}n} = \frac{P_{sup}}{A} + \frac{P_{sup} \cdot e_0}{I_{viga}} \cdot v_1 + \frac{M_{m\acute{i}n}(PP)}{I_{v+l}} \cdot v'_1 \geq \sigma_{c1,i}$$

$$\text{Inecuación 7: } \sigma_{c2,m\acute{a}x} = \frac{P_{sup}}{A} + \frac{P_{sup} \cdot e_0}{I_{viga}} \cdot v_2 + \frac{M_{m\acute{i}n}}{I_{v+l}} \cdot v'_2 \leq \sigma_{c2,s}$$

$$\text{Inecuación 8: } \sigma_{c2,m\acute{i}n} = \frac{P_{inf}}{A} + \frac{P_{inf} \cdot e_0 + M_{m\acute{a}x}(PP)}{I_{viga}} \cdot v_2 + \frac{M_{m\acute{a}x}(cm+sc)}{I_{v+l}} \cdot v'_2 \geq \sigma_{c2,i}$$

$$\text{Sabido que : } P_{inf} = r_{inf} \cdot (1 - c) \cdot (1 - i) \cdot P_{m\acute{a}x}$$

$$P_{sup} = r_{sup} \cdot (1 - i) \cdot P_{m\acute{a}x}$$

Al despejar las inecuaciones obtenemos los siguientes valores:

Valores de $P_{m\acute{a}x}$			
Inecuación 1	$P_{m\acute{a}x} \geq$	-10119,5983	KN
Inecuación 2	$P_{m\acute{a}x} \leq$	7839,15419	KN
Inecuación 3	$P_{m\acute{a}x} \geq$	5958,8782	KN
Inecuación 4	$P_{m\acute{a}x} \leq$	7345,66791	KN
Inecuación 5	$P_{m\acute{a}x} \geq$	-9618,32367	KN
Inecuación 6	$P_{m\acute{a}x} \leq$	21289,9601	KN
Inecuación 7	$P_{m\acute{a}x} \leq$	10053,3594	KN
Inecuación 8	$P_{m\acute{a}x} \geq$	6070,64962	KN

Por lo tanto $P_{m\acute{a}x}$ tiene que estar en el intervalo de [6070.65 ,7345.67]

V. Comprobación de los cálculos realizados.

Se debe comprobar que la tensión, considerando el menor valor posible de $P_{m\acute{a}x}$, cumpla las limitaciones de tensiones.

En las tablas siguientes se muestran los resultados:

- Para el caso de las 4 primeras inecuaciones:

Con $P_{max\ inf} = 6180,65$ KN				
$\sigma_{c1,s}$	14023,8359	$\leq$	27000	CUMPLE
$\sigma_{c2,i}$	10139,1318	$\geq$	0	CUMPLE
$\sigma_{c1,i}$	1311,3738	$\geq$	0	CUMPLE
$\sigma_{c2,s}$	22814,6659	$\leq$	27000	CUMPLE

- Para el caso de las 4 últimas inecuaciones:

Con Pmax inf= 6180,65 KN				
$\sigma_{c1,s}$	14364,5722	$\leq$	27000	CUMPLE
$\sigma_{c2,i}$	9392,4529	$\geq$	0	CUMPLE
$\sigma_{c1,i}$	14023,8359	$\geq$	0	CUMPLE
$\sigma_{c2,s}$	10139,1318	$\leq$	27000	CUMPLE

7.2.3. ELECCIÓN DEL CABLE DEL PRETENSADO

Con el valor que acabamos de obtener sabemos; que tras las pérdidas en la sección central debe haber una fuerza aplicada mínima de 6070,65 KN. Sabiendo esto; suponemos unas pérdidas del 25% para hallar el pretensado inicial antes de las pérdidas (P_0):

$$P_0 = P_{min} \cdot 1,25 = 7588,31 \text{ KN}$$

Sabiendo además que el pretensado inicial (P_0) es el 80% de la carga en rotura (P_u):

$$P_u = \frac{P_0}{0,8} = 9485,39 \text{ KN}$$

Este valor puede mirarse directamente en el catálogo de torones de Freyssinet, para hallar el área necesaria de armadura. La figura 5 muestra el cuadro donde se reflejan el número de torones necesarios según la P_u .

Unidades	Tipo de cordones			
	T 15,7 pr EN 10138-1 y 3			
Número de torones	Sección nominal (mm²)	Masa (kg/m)	Clase 1 770 (Fm kN)	Clase 1 860 (Fm kN)
1	150	1,17	265	279
2	300	2,34	530	558
3	450	3,54	795	837
4	600	4,72	1 060	1 116
7	1 050	8,26	1 855	1 953
9	1 350	10,62	2 385	2 511
12	1 800	14,16	3 180	3 348
13	1 950	15,34	3 445	3 627
19	2 850	22,42	5 035	5 301
22	3 300	25,95	5 830	6 138
25	3 750	29,50	6 625	6 975
27	4 050	31,85	7 155	7 533
31	4 650	36,58	8 215	8 649
37	5 550	43,66	9 805	10 323
55	8 250	64,9	14 575	15 345

Figura 5. Tabla torones del catálogo de Freyssinet

En la tabla podemos observar que necesitamos:

$P=10323 \text{ KN} \rightarrow 1 \text{ cable de 37 torones.}$

$P=2 \cdot 5035 \text{ KN} \rightarrow 2 \text{ cables de 19 torones.}$

Debido a las grandes dimensiones de un solo torón y sabiendo que por recubrimiento no va a cumplir; se escogen 2 cables de 19 torones.

Pretensado		
2 cables	19 torones	0,0057 m ²

Sus principales características se muestran a continuación:

Características de un cable						
nº torones	Sección nominal (mm ²)	Masa (kg/m)	Pu (kN)	Øint de la vaina (mm)	Evaina (mm)	Øext de la vaina (mm)
19	2850	22,42	5301	95	5	100

7.2.4. PÉRDIDAS DE PRETENSADO

Para el cálculo de las pérdidas diferidas e instantáneas se necesitan los siguientes datos de partida:

DATOS viga	
canto	1,1 m
area	0,5117 m ²
Inercia	0,0743 m ⁴
V ₁	0,5508 m
v ₂	-0,5492 m
long	25 m
fck	45 MPa
fcd	30 MPa
Ecm	36283,1882MPa

Datos específicos de pérdidas	
P _{máx}	8105,4 KN
C _{muerta}	24,600881 KN/m
S.uso	17,5625 KN/m
μ	0,21
K/μ	0,006
K	0,00126
φ	2
εcs	0,0003
ρf	0,06
a	0,005 m
rCL	0,1525
rAP	0,5492
n(nº tesado)	2

Datos pretensado	
Ep	195000 MPa
Ap real	0,0057 m ²
Ø vaina	0,095 m
rnom	0,105 m
rmec	0,1525 m

La carga máxima P_{máx}, se halla una vez tenemos claro el armado necesario.

Sabiendo que Ap = 0.0057 m², y que según el EC-2:

$$P_{máx} = A_p \cdot \sigma_{p,máx}$$

Siendo:

$$\sigma_{p,máx} \leq \min \{k_1 \cdot f_{pk}; k_2 \cdot f_{p0,1k}\}$$

Siendo: $k_1 = 0.8$; $k_2 = 0.9$; $f_{pk} = 1860 \text{ MPa}$; $f_{p0,1k} = 1580 \text{ MPa}$

Por lo tanto P_{máx}:

$$P_{máx} = A_p \cdot \sigma_{p,máx} = 0,0057 \cdot 0,9 \cdot 1580 \cdot 10^3 = 8105,4 \text{ KN}$$

I. Pérdidas instantáneas del pretensado

El cable de pretensado se situa en el centro de gravedad de la sección en los apoyos mientras que en centro vano baja hasta cumplir recubrimiento mínimo. En la Figura 6 se representa el trazado de los cables:

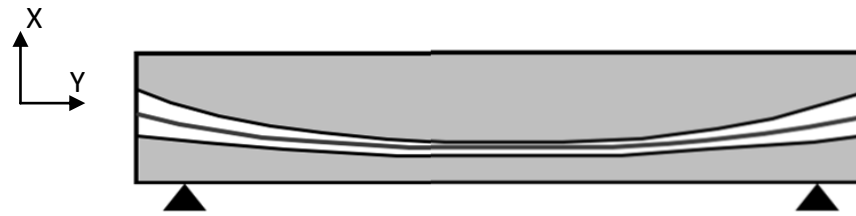


Figura 6. Trazado del cable de pretensado

Pérdidas por rozamiento

Sabiendo que la ecuación de la parábola del cable de pretensado viene dada por:

$$e(x) = 0,0025389 x^2 - 0,063472 x$$

Su primera derivada:

$$e'(x) = 0,0050778 x - 0,063472$$

Su segunda derivada:

$$e''(x) = 0,0025389$$

La tangente en el anclaje activo $e'(0) = 0,063472$

El ángulo girando hasta la sección (x) : $\theta(x) = |e'(x) - e'(0)|$

Ángulo girado hasta centro- luz: $\theta(12,5) = 0,063472$

Ángulo girado en apoyos : $\theta(0) = 0$

Las pérdidas por rozamiento en el centro luz vienen dadas por:

$$\Delta P_{\mu} = P_{m\acute{a}x} \cdot (1 - e^{-\mu \cdot \theta - k \cdot x})$$

Se obtiene de resultado:

ΔPérdidas por rozamiento			
Pérdidas (Δμ)	Centro-luz	685,234317	KN
	Apoyos	0	KN

Pérdidas por penetración de cuña

Suponemos hipótesis de cable largo ($c <$ longitud del cable).

La variación angular media $\alpha_m = e''(x) = 0,0050778 \text{ m}^{-1}$.

$$c = \sqrt{\frac{a \cdot E_p \cdot A_p}{P_{m\acute{a}x} \cdot (\mu \cdot \alpha_m + k)}} = 17,16$$

$C <$ longitud del cable ; Hipótesis correcta!

Las pérdidas por penetración de cuñas vienen dadas por:

$$\Delta P_{sl} = 2 \cdot P_{m\acute{a}x} \cdot (\mu \cdot \alpha_m + k) \cdot (c - x)$$

Siendo en apoyos y centro luz:

ΔPérdidas por penetración de cuñas			
Pérdidas (ΔPsi)	Centro-luz	176,033846	KN
	Apoyos	647,429644	KN

Pérdidas por acortamiento elástico del hormigón

Se halla la carga y el flector que genera el Peso propio; así como la excentricidad del cable en la sección de centro luz y apoyos.

g	12,7925	KN/m
Mg	999,414063	KN·m
e_{pCL}	-0,3967	m
e_{pAP}	0	m

○ **Sección centro-luz:**

$$N = P_{m\acute{a}x} - \Delta P_{\mu.CL} - \Delta P_{sl.CL} = 7244,13 \text{ KN}$$

$$M = N \cdot e_{p.CL} + M_{g.CL} = -1874,33 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N}{Area} \cdot \frac{M}{I} \cdot e_{p.CL} = 24164,33 \text{ KN/m}^2$$

○ **Sección apoyos:**

$$N = P_{m\acute{a}x} - \Delta P_{\mu.CL} - \Delta P_{sl.CL} = 7457,97 \text{ KN}$$

$$M = N \cdot e_{p.CL} + 0 = 0 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N}{Area} \cdot \frac{M}{I} \cdot e_{p.AP} = 14574,89 \text{ KN/m}^2$$

Siendo el número de operaciones de tesado 2:

$$\Delta P_{el.CL} = \frac{n-1}{2 \cdot n} \cdot \frac{E_p \cdot A_p}{E_{cm}} \cdot \sigma_{cp}$$

ΔPérdidas por arortamiento elástico del hormigón			
Pérdidas (ΔPsi)	Centro-luz	185,062921	KN
	Apoyos	111,621864	KN

Pretensado inicial:

$$P_{m0.CL} = P_{m\acute{a}x} - \Delta P_{\mu.CL} - \Delta P_{sl.CL} - \Delta P_{el.CL} = 7059,07 \text{ KN}$$

$$P_{m0.AP} = P_{m\acute{a}x} - \Delta P_{\mu.AP} - \Delta P_{sl.AP} - \Delta P_{el.AP} = 7346,35 \text{ KN}$$

II. Pérdidas diferidas

Sección centro-luz:

$$\Delta \sigma_{pr} = \rho_f \cdot \frac{P_{m0,CL}}{A_p} = 74,31 \text{ MPa}$$

Flector que genera la carga muerta: $M_{cm} = 1921,94 \text{ KN} \cdot \text{m}$

Flector que genera la carga variable en comb. casi-permanente: $M_{q.Cuasiper} = 548,83 \text{ KN} \cdot \text{m}$

La tensión en combinación casi- permanente: $\sigma_{c,CP} = 10,22 \text{ MPa}$

Sección centro-luz:

$$\Delta\sigma_{pr} = \rho_f \cdot \frac{P_{m0,AP}}{A_p} = 77,33 \text{ MPa}$$

Flector que genera la carga muerta: $M_{cm} = 1921,94 \text{ KN}\cdot\text{m}$

Flector que genera la carga variable en comb. casi-permanente: $M_{q,Cuasiper} = 548,83 \text{ KN}\cdot\text{m}$

La tensión en combinación casi- permanente: $\sigma_{c,CP} = 14,36 \text{ MPa}$

Las pérdidas diferidas corresponden a:

$$\Delta P_{crs} = A_p \cdot \frac{\varepsilon_{cs} \cdot E_p + 0,8 \cdot \Delta\sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \cdot \phi \cdot \sigma_{cQP}}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \cdot \frac{A_p}{Area} \cdot \left(1 + \frac{Area}{I} \cdot e_{p,AP}^2\right) \cdot (1 + 0,8 \cdot \phi)}$$

Δ Perdidas Diferidas		
CL	980,384142	KN
AP	1182,2254	KN

Pretensado final : P_{mf}

El total de pérdidas tanto instantáneas como diferidas es:

Δ Perdidas Instantneas+ Diferidas		
CL	2026,71523	KN
AP	1941,27691	KN

Siendo el pretensado final:

Pretensado Final		
P_{mfCL}	6078,68477	KN
P_{mfAP}	6164,12309	KN

Comprobamos que el valor que nos ha dado de fuerza de pretensado es superior al mínimo que hemos hallado en el apartado anterior. En este caso:

$$P_{mf.CL} = 6078,68 \text{ KN}; \text{ está dentro del intervalo permitido } [6070.65, 7345.67] \text{ KN}$$

A modo conclusión se exponen los valores de la fuerza de pretensado máxima, inicial, final y el porcentaje de pérdidas que se produce.

	CL	Apoyo
$P_{\text{máx}} \text{ (KN)}$	8105,4	8105,4
$P_0 \text{ (KN)}$	7059,06892	7346,34849
Δ Perd. (%)	25,0045059	23,9504146
$P_{\text{final}} \text{ (KN)}$	6078,68477	6164,12309

7.2.5. ELS. LIMITACIÓN DE TENSIONES. CONTROL DE FISURACIÓN

- Tensiones de tracción en las armaduras

$$\sigma_{s,m\acute{a}x}(N_{carac}, M_{carac}) \geq -0,8 \cdot f_{yk} = -0,8 \cdot 500 = -400 \text{ MPa}$$

Los datos de partida son, las características mecánicas de la viga y viga+ losa; y los valores de cálculo del acero y hormigón utilizado:

DATOS VIGA+LOSA	
canto	1,25 m
area	1,2936m ²
Inercia	0,9139m ⁴
V1	0,3472m
v2	-0,9028m
V1'	0,1972m
recubrimiento	0,1525m
ghorm.	25KN/m ³
long	25m
ancho (b)	3,5125m

Valores de cálculo (Mpa)	
fck	45
fcd	30
fyk	500
fyd	434,7826087
fct,eff	3,795446994
fctm	3,795446994

Por control de fisuración se debe cumplir que la abertura de fisura (wk) debe ser menor que la abertura generada por el axil y flector hay en la sección en combinación casi-permanente:

- Abertura de fisura:

$$W_k(N_{qp}, M_{qp}) \leq W_{m\acute{a}x} = 0,4$$

Estas limitaciones vienen por la clase de exposición a la que está sometida la estructura(X0).

Se deben hallar los esfuerzos en las diferentes combinaciones y compararlos con el momento de fisuración para comprobar si la sección resiste:

1. Combinación característica

Se debe tener presente el proceso constructivo; por lo que se hallan los esfuerzos en el Caso 1 (dónde solo actúa el peso propio de viga y losa con la sección resistente de la viga) y en el Caso 2 (dónde actúa el peso propio del conjunto, la carga muerta y la sobrecarga de uso, en la sección resistente viga+losa).

$$\sigma_{c,m\acute{a}x}(N_{carac}, M_{carac}) \leq 0,6 \cdot f_{ck,j}$$

- Evitar fisuras longitudinal y microfisuras por compresión (está comprobación no es necesaria ya que nos encontramos en ambiente X0; y sólo es necesaria su comprobación para clases XD,XS, XF).

Los flectores obtenidos son:

Flectores de cálculo		
Comb. Característica		
Caso 1	carga	34,745625 KN/m
	Mg	2714,50195 KN·m
	Mtotal	2714,50195 KN·m
Caso 2	carga	54,955881 KN/m
	Mg	2714,50195 KN·m
	Mcm	206,855934 KN·m
	Msc	1372,07031 KN·m
	Mtotal	4293,4282 KN·m

No hay axiles aplicados en la sección.

II. Combinación casi-permanente

En este caso tampoco hay axil aplicado.

Teniendo en cuenta el mismo criterio que en la combinación anterior, se obtienen los flectores de cálculo:

Flectores de cálculo		
Comb. Cuasi-permanente		
Caso1	carga	34,745625 KN/m
	Mg	2714,50195 KN·m
	Mtotal	2714,50195 KN·m

Caso 2	carga	37,393381 KN/m
	Mg	2714,50195 KN·m
	Mcm	206,855934 KN·m
	Msc	0 KN·m
	Mtotal	2921,35789 KN·m

A continuación se halla el momento de fisuración para los dos casos; teniendo en cuenta la fuerza de pretenesado como axil aplicado en la sección con excentricidad de $e_0(\text{viga}) = -0,4442 \text{ m}$ y $e_0(\text{viga+losa}) = -0,7978 \text{ m}$. Despejando de la siguiente ecuación se obtiene el momento de fisuración:

$$-f_{ct,eff} = \frac{P}{A} + \frac{M_{fis} + P \cdot e_0}{I} \cdot v_2$$

Obtenemos de resultado:

Flectores de fisuración		
Caso 1	M_{fis}	5549,68406 KN·m
Caso 2	M_{fis}	12379,9669 KN·m

Como el momento de fisuración es superior al momento de cálculo ; la sección no fisura.

7.2.6. ELS. COMPROBACIÓN DE FLECHA

Según marca la IAP-11, no debe superarse una flecha de $L/1200$ para la combinación frecuente.

I. Flecha instantánea

Como la viga no fisura se puede hallar la flecha directamente como marcan las fórmulas del prontuario; siendo para el caso de vigas biapoyadas:

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E_{cm} \cdot I}$$

Para el cálculo de la flecha total se debe tener en cuenta las diferentes fases del proceso constructivo. Por lo que se debe hallar la flecha que se produce en las distintas fases:

- Fase 1: situar la viga en su correcto emplazamiento (La sección resistente: viga; las cargas actuantes: Peso propio de la viga).

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E_{cm} \cdot I} = 0,024m$$

Siendo:

$$q(\text{carga distribuida } q_{ppviga}): 12,79 \frac{KN}{m}$$

$$l (\text{longitud de la viga}): 25 \text{ metros}$$

$$E_{cm}(\text{módulo de elasticidad del hormigón}): 3,628 \cdot 10^4 \text{ MPa}$$

$$I (\text{inercia de la viga}): 0.0743 \text{ m}^4$$

- Fase 2: Mientras se produce el hormigonado y endurecimiento de la losa sustentada por las vigas (La sección resistente: viga; las cargas actuantes: PP de la viga y de la losa).

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E_{cm} \cdot I} = 0,024m$$

Siendo:

$$q(\text{carga distribuida } q_{pplosa}): 21,95 \frac{KN}{m}$$

$$l (\text{longitud de la viga}): 25 \text{ metros}$$

$$E_{cm}(\text{módulo de elasticidad del hormigón}): 3,628 \cdot 10^4 \text{ MPa}$$

$$I (\text{inercia de la viga}): 0.0743 \text{ m}^4$$

- Fase 3: Una vez endurecido el hormigón de la losa, se comienza a trabajar sobre ella y a actuar la carga muerta. (La sección resistente: el conjunto viga- losa; las cargas actuantes la carga muerta).

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E_{cm} \cdot I} = 0,00041m$$



Siendo:

$$q(\text{carga distribuida } q_{cm}): 2,65 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$l (\text{ longitud de la viga}): 25 \text{ metros}$$

$$E_{cm}(\text{módulo de elasticidad del hormigón}): 3,628 \cdot 10^4 \text{ MPa}$$

$$I (\text{inercia de la viga-losa}): 0,9139 \text{ m}^4$$

- Fase 4: La estructura entra en servicio.(La sección resistente: el conjunto viga-losa; las cargas actuantes: la sobrecarga de uso)

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E_{cm} \cdot I} = 0,0011 \text{ m}$$

Siendo:

$$q(\text{carga distribuida } q_{sc} \cdot \psi_1): 7,025 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$l (\text{ longitud de la viga}): 25 \text{ metros}$$

$$E_{cm}(\text{módulo de elasticidad del hormigón}): 3,628 \cdot 10^4 \text{ MPa}$$

$$I (\text{inercia de la viga-losa}): 0,9139 \text{ m}^4$$

Para hallar la contraflecha causada por la acción del pretensado, se calcula de forma aproximada la carga distribuida (q_p) que supone esta acción. La carga q_p , puede aproximarse a la fuerza del pretensado P multiplicada por la curvatura de la parábola que define el cable del pretensado.

Sabiendo que:

$$q_p = P \cdot e''$$

$$P = A_p \cdot f_{pd} = A_p \cdot f_{pk0,1} = 0,0057 \cdot \frac{1580 \cdot 10^3}{1,15} = 7831,3 \text{ KN}$$

$$q_p = 7831,3 \cdot 0,0050778 = 39,77 \text{ KN/m}$$

Una vez hallada la carga distribuida aplicamos directamente la ecuación de la flecha de biapoyada:

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E_{cm} \cdot I} = -0,075 \text{ m}$$

Siendo:

$$q(\text{carga distribuida } q_p): -39,77 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$l (\text{ longitud de la viga}): 25 \text{ metros}$$

$$E_{cm}(\text{módulo de elasticidad del hormigón}): 3,628 \cdot 10^4 \text{ MPa}$$

$$I (\text{inercia de la viga}): 0,0743 \text{ m}^4$$

También debe calcularse la contraflecha que generan los cables de pretensado en la viga una vez se permite la transmisión del esfuerzo del pretensado.



II. Flecha diferida

Para el cálculo de la flecha diferida operaremos del mismo modo que para la instantánea; pero modificando el Módulo de deformación del hormigón para el caso de diferidas.

$$E = E_{cm} \cdot \chi \cdot \varphi(t, t_0)$$

Siendo:

- $\chi = 0.8$
- $\varphi(t, t_0) = 2$
-

Para la flecha diferida únicamente se considera la carga muerta y la sobrecarga de uso porque son las que se producen a lo largo del tiempo una vez la estructura está en servicio y actúan estas dos cargas principalmente:

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E_{cm} \cdot \chi \cdot \varphi(t, t_0) \cdot I} = 0,000927 \text{ m}$$

Siendo:

$$q(\text{carga distribuida: } q_{cm} + q_{sc} \cdot \psi_1): 9,67 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$l \text{ (longitud de la viga): } 25 \text{ metros}$$

$$E_{cm}(\text{módulo de elasticidad del hormigón}): 3,628 \cdot 10^4 \text{ MPa}$$

$$I \text{ (inercia de la viga): } 0,9139 \text{ m}^4$$

$$\chi = 0.8$$

$$\varphi(t, t_0) = 2$$

La flecha total, será la suma de todas las flechas instantáneas y diferidas y la contraflecha producida por el pretensado.

FLECHA TOTAL	-0,00706 m
--------------	------------

Se observa que la acción del pretensado es tan elevada que contrarresta al resto de acciones que actúan en la viga; quedando una contraflecha prácticamente nula.

7.3. CÁLCULOS REFERENTES A LA ARMADURA PASIVA

7.3.1. FLEXIÓN LONGITUDINAL. DIMENSIONAMIENTO

7.3.1.1. HIPÓTESIS DE CARGA

Los esfuerzos flectores máximos en la sección se producen en el centro-luz al tratarse de una viga biapoyada.

Comparando las diferentes hipótesis de carga se obtiene que, el máximo flector y cortante se produce con la totalidad del vano cargado tanto en dirección transversal como en longitudinal. Por lo que se utilizará este caso de carga para el dimensionamiento de la armadura pasiva que resista la flexión longitudinal. Los valores de cálculo más desfavorables se presentan a continuación:

Med	5795,77 KN·m
Ned	0 KN
Ved	927,38 KN

El valor del flector corresponde a la sección de centro vano; ya que al estar biapoyado el máximo flector se produce ahí. En la Figura 7 se muestra el diagrama de flectores:

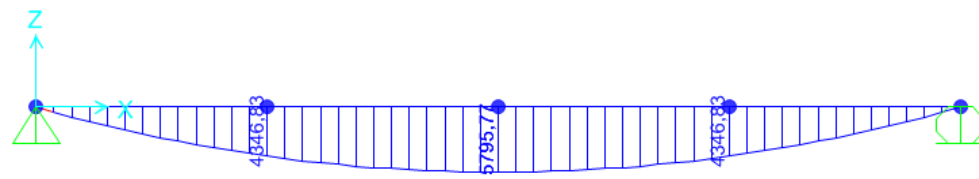


Figura 7. Diagrama de flectores

7.3.1.2. RECUBRIMIENTO DE ARMADURA

Como se ha especificado el comienzo del anejo; los recubrimientos de armado en esta sección son:

- Viga: Armadura superior:

$$c_{nom} = 20 + 10 = 30mm$$

$$c_{mec} = c_{nom} + \frac{\emptyset}{2} = 40mm$$

- Viga: Armadura inferior:

$$c_{nom} = 20 + 10 = 30mm$$

$$c_{mec} = c_{nom} + \frac{\emptyset}{2} = 40mm$$

- Losa: Armadura superior:

$$c_{nom} = 20 + 10 = 30mm$$

$$c_{mec} = c_{nom} + \frac{\emptyset}{2} = 40mm$$

- Losa: Armadura inferior:

$$c_{nom} = 20 + 10 = 30mm$$

$$c_{mec} = c_{nom} + \frac{\emptyset}{2} = 36mm$$

7.3.1.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA ARMADURA DE LA CARA INFERIOR DEL CONJUNTO VIGA+LOSA

Al tratarse de una viga pretensada, en numerosas ocasiones no se requiere de armadura pasiva para resistir las sollicitaciones normales por lo que se procede a hacer un cálculo seccional para comprobar si es necesario disponer de esta armadura o no. El cálculo se realiza para la situación más desfavorable considerando como sección resistente el conjunto viga +losa.

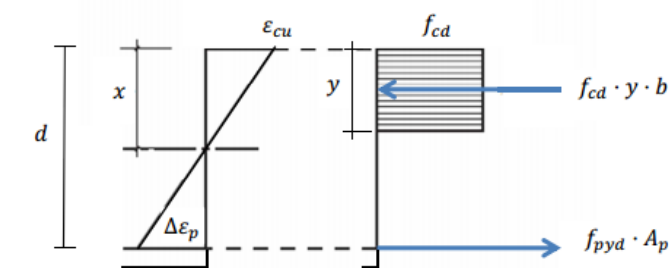


Figura 8. Diagrama tensión-deformación de la sección

Para realizar el cálculo seccional partimos de los datos:

(Las características mecánicas se consideran conocidas ya que se han utilizado en apartados anteriores.)

Ecuación constitutiva H	
landa (λ)	0,8
n	1
$\epsilon_{cu,f}$	0,00175
$\epsilon_{cu,c}$	0,0035
ϵ_{su}	-0,1

Datos pretensado	
Np	-7831,30435 KN
Ep	195000 MPa
Apl	0,0057 mm ²
∅ vaina	0,095 m
rn timer	0,105 m
rmec	0,1525 m

Posición armadura pasiva	
rn timer	0,03 m
rmec	0,05 m
rn timer'	0,03 m
rmec'	0,04 m
d	1,2 m
d'	0,04 m
∅	40 mm
∅'	20 mm

IV. Determinación de X_{lím}

Tenemos una sección tal que así en la que tenemos que hacer el dimensionamiento de la armadura pasiva:

$$X_{lím} = \frac{d}{1 + \frac{f_{yd}}{700}} = 0,7402 \text{ m}$$

Hallamos los flectores en 1 (fibra inferior donde se coloca la armadura traccionada) y 2 (fibra superior donde se coloca la armadura comprimida), resultando:

M1c(X _{lím})	31536,88818 KN.m
M2c(X _{lím})	-3423,19182 KN.m

V. Determinación de la zona de dimensionamiento

Cuando X=-∞

X= -∞	
Nc	0 KN
M1c	0 KN·m
M2c	0 KN·m

Cuando X= ∞

X= ∞	
Nc	38808 KN
M1c	33095,46 KN·m
M2c	-11921,82 KN·m

Los momentos flectores generados por la fuerza de pretensado son:

Pretensado	
Mp1	-881,021 KN·m
Mp2	8203,29 KN·m

Para determinar la zona de dimensionamiento debemos hallar los flectores de la acción conjunta del pretensado y del hormigón en las fibras 1 y 2:

X=X _{lím}	
M1cp	30655,87 KN·m
M2cp	4780,1 KN·m
X= infinito	
M1cp	32214,44 KN·m
M2cp	-3718,53 KN·m

Teniendo en cuenta que nuestro $M_{Ed} = 5796,128 \text{ KN}$; y que $N_{Ed} = 0 \text{ KN}$; podemos decir que se encuentra en la zona C de predimensionamiento.

VI. Dimensionamiento

Al realizar la comprobación de borde, resulta salir curvatura positiva como era de esperar.

Para el dimensionamiento es necesario hallar M_{1d} y M_{2d} que este caso tendrán el mismo valor que M_{Ed} al no existir ningún axil aplicado.

M1d	5795,77 KN·m
M2d	5795,77 KN·m

A encontrarnos en la Zona C, no es necesaria la armadura superior.

A continuación hallamos la profundidad de la fibra neutra. Suponemos que se encontrará en los 25 centímetros superiores q forman parte de la losa; si obtenemos un valor razonable es que la suposición ha sido la correcta. Por lo tanto, sabiendo que:

$$M_{1d} = M_{1c}(x) + M_{1p}(x)$$

$$M_{1d} = f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot 0,8 \cdot (d - 0,4 \cdot x) - 881,02$$

Obtenemos que $x \begin{cases} 0,0675 \text{ m} & \text{Opción correcta } \checkmark \\ 2,96 \text{ m} & > \text{canto de la sección} \end{cases}$

Para saber donde pivota nuestro elemento y si la armadura ha plastificado hallamos:

X	0,067525739 m
X₀	0,020638821 m
X_{lím}	0,740229885 m
X_{p.lím}	0,118537768 m

Para hallar estos valores tenemos que realizar las siguientes comparaciones en cuanto a las deformaciones que se producen en el hormigón.

Tomamos como datos los ya citados y los expuestos a continuación:

E_c	36283,18 MPa
Z_p	-0,7503 m
g(PP)	34,75 KN/m
M_g	2714,50KN·m
f_{pk}	1860 MPa
f_{pk0,1}	1580 MPa
f_{pd}	1373,91304 MPa

Sabiendo que X_0 es la posición en la que pivota en A y en B a la vez, obtenemos por relación de distancias y deformaciones que :

$$x_o = \frac{\varepsilon_{cu,f} \cdot d}{\varepsilon_{cu,f} + \varepsilon_{su}} = 0,0206 \text{ m}$$



En $X_{p,lim}$ la armadura activa comienza a plastificar por lo que se cumple la siguiente relación:

$$\frac{\varepsilon_{cu,f}}{X_{p,lim}} = \frac{\varepsilon_{pd} - \varepsilon_{p0}}{d_p - X_{p,lim}}$$

Sabiendo que:

$$\varepsilon_{p0} = \varepsilon_p - \varepsilon_{cp}$$

$$\varepsilon_{cp} = \frac{1}{E_c} \left(\frac{P + N_g}{A} + \frac{P \cdot z_p + M_g}{I_c} \cdot z_p \right) = -0,00036$$

$$\varepsilon_p = -\frac{P}{E_p \cdot A_p} = 0.007045$$

$$\varepsilon_{p0} = \varepsilon_p - \varepsilon_{cp} = -0,0074$$

$$\varepsilon_{pd} = \frac{f_{pd}}{E_p} = \frac{\frac{f_{pk0,1}}{\gamma_p}}{E_p} = 0,007045$$

Con todo ello despejamos el valor de $X_{p,lim}$:

$$X_{p,lim} = 0,1185 \text{ m}$$

Con lo que se puede deducir que:

As plastifica
Pivota en B
Ap plastifica

Por ello podemos suponer la tensión de la armadura activa como f_{pd} y la pasiva como f_{yd} .

Los esfuerzos en la zona de la fibra neutra quedan definidos tal que:

Nc(x)	5692,42 KN
Np(x)	-7831,30 KN

Sabiendo que:

$$A_s = \frac{N_c(x) + N_p(x) - N_d}{f_{yd}} = -0,004919 \text{ m}^2$$

Este resultado quiere decir que con la acción del pretensado es suficiente para resistir las sollicitaciones normales; por lo que se armará el tablero por mínimos.

Tras haber realizado el cálculo seccional y observar que no se requiere de armadura pasiva en la cara inferior (traccionada), tenemos que poner una cuantía mínima que rige el mínimo mecánico:

Mecánico:

$$A_{s,min} = \frac{W}{z_s} \cdot \frac{f_{ctm,fl} + P \left(\frac{W}{A} \cdot e \right) - A_p \cdot f_{pyd} \cdot z_p}{f_{yd}}$$

Siendo:

$$z_p: 0,85 \cdot d_p$$

$$z_s: 0,85 \cdot d_s$$

e : excentricidad del pretensado desde el CDG, considerando excentricidad positiva hacia la parte inferior de la sección

$$f_{pyd}: \frac{f_{pk0,1}}{\gamma_s}$$

P: fuerza de pretensado teniendo en cuenta las pérdidas instantáneas

Se calcula la armadura mínima tanto en la sección de centro –luz como en la sección de los apoyos, para ver cual es más restrictiva.

- Para la sección de centro-luz:

$$A_{s,min} =$$

$$\frac{1,01229}{1,0285} \cdot \frac{3,79545 \cdot 10^3 + 7059,07 \cdot \left(\frac{1,01229}{1,2936} + 0,7503 \right) - 0,0057 \cdot \frac{1580}{1,15} \cdot 10^3 \cdot 0,9328}{434,78 \cdot 10^3}$$

- Para la sección del apoyo:

$$A_{s,min} =$$

$$\frac{1,01229}{1,0285} \cdot \frac{3,79545 \cdot 10^3 + 7346,35 \cdot \left(\frac{1,01229}{1,2936} + 0 \right) - 0,0057 \cdot \frac{1580}{1,15} \cdot 10^3 \cdot 0,9328}{434,78 \cdot 10^3}$$

	$A_{s,min}$
Centro-luz	-0,0367 m ²
Apoyos	-0,026 m ²

La armadura por mínimos continúa dando negativa, lo que significa que no sería necesaria cuantía de armado en la sección; aún con todo se colocará una armadura base mínima que cumpla los mínimos de separación.

Por lo que la armadura a disponer será de:

Cara inferior de la viga		
As	4ø20	0,001256 m ²

7.3.1.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA ARMADURA DE LA CARA SUPERIOR DEL CONJUNTO VIGA+LOSA

Para el cálculo de la armadura en la cara superior (comprimida) del conjunto losa+viga ; únicamente se debe cumplir un mínimo geométrico que viene dado por:

$$A'_{s,min} = 30\% \cdot A_{s,min} = 0,0003768 \text{ m}^2$$

Esta cuantía de armadura es la correspondiente a la cara superior de la losa que tiene una longitud de 3,51 metros.

As' min	0,0003768 m ²	2 ø20
---------	--------------------------	-------

Esta distribución de armado no cumple separación máxima entre armaduras; ya que supera el máximo de 300mm; por ello se debe aumentar la armadura hasta que cumpla esta restricción. De este modo la armadura queda tal que así:

As'	12 ø20	0,00376 m ²
-----	--------	------------------------

Esta cuantía de armadura si la disponemos a lo largo de toda la sección transversal obtenemos que para la sección de centro vano que tiene una longitud de 9 metros; corresponde una cuantía de 31 $\varnothing 20$. Para el caso de los extremos cuya longitud es de 12 metros, la armadura correspondiente es de 41 $\varnothing 20$.

B=9 m	As=31 $\varnothing 12$	0,003506 m ²
B=10,5 m	As=36 $\varnothing 12$	0,004072 m ²
B=12 m	As=41 $\varnothing 12$	0,004637 m ²

Para quedar más claro este armado se define como:

Cara superior de la losa	
As	$\varnothing 20/30$

7.3.1.5. DIMENSIONAMIENTO DE LA ARMADURA DE LA CARA SUPERIOR DE LA VIGA

Para el cálculo de la armadura en la cara comprimida de las vigas; únicamente se debe cumplir un mínimo geométrico que viene dado por:

$$A'_{s,min} = 30\% \cdot A_{s,min} = 0,000473 \text{ m}^2$$

Esta cuantía de armadura es la correspondiente a la cara superior de la viga que tiene una longitud de 0,9625 metros; resultando:

As' min	0,000473m ²	2 $\varnothing 20$
---------	------------------------	--------------------

Esta distribución de armado no cumple separación máxima entre armaduras; ya que supera el máximo de 300mm; por ello se debe aumentar la armadura hasta que cumpla esta restricción. De este modo la armadura queda tal que así:

Cara superior de la viga		
As	4 $\varnothing 20$	0,001257 m ²

7.3.1.6. DIMENSIONAMIENTO DE LA ARMADURA DE LA CARA INFERIOR DE LA LOSA (PRELOSA)

La cuantía de armado que se debe colocar en la cara inferior de la losa viene definida por mínimos. A continuación se va a hallar la armadura mínima correspondiente a un ancho de losa de 3,5125 metros:

- Mecánico:

$$A_{s,min} = \frac{W_1}{z} \cdot \frac{f_{ctm,fl}}{f_{yd}} = 0,002156 \text{ m}^2$$

- Control de fisuración:

$$A_{s,min} = \frac{K_c \cdot K \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}}{\sigma_s} = 0,0023806 \text{ m}^2$$

La $A_{s,necesaria}$ sería de $0,00238 \text{ m}^2 \rightarrow 22\phi 12$

Se tiene que tener en cuenta que la prelosa no necesita armado en toda su sección ya que en la zona donde está la viga; la prelosa se corta para posteriormente mediante el hormigonado formar una union monolítica viga+losa. Por todo ello la armadura que finalmente se debe disponer es de:

B=9 m	As=37 $\phi 12$	0,004185 m^2
B=10,5 m	As=46 $\phi 12$	0,005205 m^2
B=12 m	As=55 $\phi 12$	0,00622 m^2

Este armado al ser variable la sección también es variable por lo que de forma más clara se define como:

Cara inferior de la prelosa	
As	$\phi 12/16$

7.3.2. FLEXIÓN TRANSVERSAL. DIMENSIONAMIENTO

7.3.2.1. HIPÓTESIS DE CARGA

Para realizar el dimensionamiento de la losa se debe tener en cuenta que la losa está formada por una prelosa prefabricada (8 centímetros de canto) que dispone de armadura de cortante en forma de celosía; y que sobre la misma se hormigona el resto de la losa hasta los 25 centímetros de canto. Las prelosas vienen de fábrica en módulos de 2,5 metros con la geometría necesaria para poder realizar la curvatura que se le da al tablero.

La sección principal de las prelosas (los 2,5 metros) se colocan en dirección perpendicular a las vigas; ya que de este modo resiste mejor la flexión transversal.

Para realizar estos cálculos debemos realizar una serie de hipótesis de carga para ver con cual se obtienen los esfuerzos más desfavorables.

Si nos centramos en la sección transversal del tablero; se observa que tenemos una losa triapoyada que mantiene a los extremos unos voladizos que varían de 1 metro a 2,5 metros.

Las diferentes hipótesis de carga que se analizan son: actuando el Peso propio y la carga muerta en toda la sección y variando la posición de la sobrecarga. A las diferentes hipótesis las hemos nombrado:

- ELU : PP+CM+SC en toda la longitud
- ELUc : PP+CM+SC en uno de los vanos centrales
- ELUv : PP+CM+SC en un voladizo
- ELUc2 : PP+CM+SC en los dos vanos centrales
- ELUvc : PP+CM+SC en un vano central y en un voladizo
- ELUv2c : PP+CM+SC en los dos voladizos y un vano central
- ELUvc2 : PP+CM+SC en los dos vanos centrales y un voladizo
- ELUv2 : PP+CM+SC en los dos voladizos

También se ha dimensionado una sección tipo de longitud 12 metros y 9 metros para hallar el valor de cálculo más desfavorable.

Al disponer de una losa triapoyada, con los apoyos tan cerca provoca que la losa esté prácticamente sometida a flexión negativa constantemente por lo que la cara traccionada será la superior y la que más armadura debe disponer.

I. Máxima flexión negativa

El flector de cálculo más desfavorable (negativo) se encuentra cuando se aplica sobre la sección transversal de 12 metros (apoyos) la sobrecarga de uso sobre las dos voladizos (ELUv2).

Siendo $M_{ed} = -310,66 \text{ KN}\cdot\text{m}$, y su cortante concomitante $V_{ed} = 246,07 \text{ KN}$. Como muestra la figura 9:

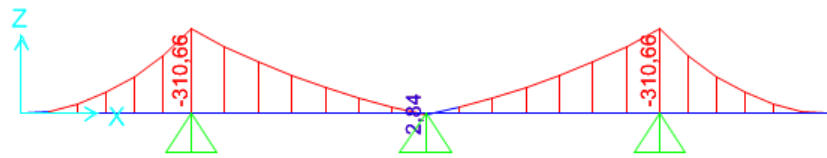


Figura 9. Diagrama de flectores de la sección transversal de la losa (máxima flexión negativa)

A continuación se muestra la Tabla 7 donde se recogen todas las hipótesis de carga y en ella, está subrayada la del mayor flector negativo.

TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	0	ELU	Combination	0	-8,693E-15	0	0	0	3,088E-14
1	0,42083	ELU	Combination	0	17,044	0	0	0	-3,5863
1	0,84167	ELU	Combination	0	34,088	0	0	0	-14,3452
1	1,2625	ELU	Combination	0	51,131	0	0	0	-32,2766
1	1,68333	ELU	Combination	0	68,175	0	0	0	-57,3806
1	2,10417	ELU	Combination	0	85,219	0	0	0	-89,6572

1	2,525	ELU	Combination	0	102,263	0	0	0	-129,1064
1	0	ELUc	Combination	0	2,098E-15	0	0	0	2,608E-14
1	0,42083	ELUc	Combination	0	9,942	0	0	0	-2,092
1	0,84167	ELUc	Combination	0	19,884	0	0	0	-8,368
1	1,2625	ELUc	Combination	0	29,827	0	0	0	-18,828
1	1,68333	ELUc	Combination	0	39,769	0	0	0	-33,472
1	2,10417	ELUc	Combination	0	49,711	0	0	0	-52,3
1	2,525	ELUc	Combination	0	59,653	0	0	0	-75,3121
1	0	ELUv	Combination	0	-3,897E-15	0	0	0	3,567E-14
1	0,42083	ELUv	Combination	0	17,044	0	0	0	-3,5863
1	0,84167	ELUv	Combination	0	34,088	0	0	0	-14,3452
1	1,2625	ELUv	Combination	0	51,131	0	0	0	-32,2766
1	1,68333	ELUv	Combination	0	68,175	0	0	0	-57,3806
1	2,10417	ELUv	Combination	0	85,219	0	0	0	-89,6572
1	2,525	ELUv	Combination	0	102,263	0	0	0	-129,1064
1	0	ELUc2	Combination	0	2,098E-15	0	0	0	2,488E-14
1	0,42083	ELUc2	Combination	0	9,942	0	0	0	-2,092
1	0,84167	ELUc2	Combination	0	19,884	0	0	0	-8,368
1	1,2625	ELUc2	Combination	0	29,827	0	0	0	-18,828
1	1,68333	ELUc2	Combination	0	39,769	0	0	0	-33,472
1	2,10417	ELUc2	Combination	0	49,711	0	0	0	-52,3
1	2,525	ELUc2	Combination	0	59,653	0	0	0	-75,3121
1	0	ELUvc	Combination	0	3,297E-15	0	0	0	4,406E-14
1	0,42083	ELUvc	Combination	0	17,044	0	0	0	-3,5863
1	0,84167	ELUvc	Combination	0	34,088	0	0	0	-14,3452
1	1,2625	ELUvc	Combination	0	51,131	0	0	0	-32,2766
1	1,68333	ELUvc	Combination	0	68,175	0	0	0	-57,3806
1	2,10417	ELUvc	Combination	0	85,219	0	0	0	-89,6572
1	2,525	ELUvc	Combination	0	102,263	0	0	0	-129,1064
1	0	ELUv2c	Combination	0	8,993E-16	0	0	0	2,728E-14
1	0,42083	ELUv2c	Combination	0	9,942	0	0	0	-2,092



1	0,84167	ELUv2c	Combination	0	19,884	0	0	0	-8,368	2	1,98571	ELUc	Combination	0	-3,484	0	0	0	11,4539
1	1,2625	ELUv2c	Combination	0	29,827	0	0	0	-18,828	2	2,48214	ELUc	Combination	0	16,621	0	0	0	8,1932
1	1,68333	ELUv2c	Combination	0	39,769	0	0	0	-33,472	2	2,97857	ELUc	Combination	0	36,726	0	0	0	-5,0484
1	2,10417	ELUv2c	Combination	0	49,711	0	0	0	-52,3	2	3,475	ELUc	Combination	0	56,832	0	0	0	-28,2708
1	2,525	ELUv2c	Combination	0	59,653	0	0	0	-75,3121	2	0	ELUv	Combination	0	-74,172	0	0	0	-129,1064
1	0	ELUvc2	Combination	0	5,695E-15	0	0	0	4,826E-14	2	0,49643	ELUv	Combination	0	-62,444	0	0	0	-95,1963
1	0,42083	ELUvc2	Combination	0	17,044	0	0	0	-3,5863	2	0,99286	ELUv	Combination	0	-50,716	0	0	0	-67,1084
1	0,84167	ELUvc2	Combination	0	34,088	0	0	0	-14,3452	2	1,48929	ELUv	Combination	0	-38,988	0	0	0	-44,8427
1	1,2625	ELUvc2	Combination	0	51,131	0	0	0	-32,2766	2	1,98571	ELUv	Combination	0	-27,26	0	0	0	-28,3992
1	1,68333	ELUvc2	Combination	0	68,175	0	0	0	-57,3806	2	2,48214	ELUv	Combination	0	-15,531	0	0	0	-17,7778
1	2,10417	ELUvc2	Combination	0	85,219	0	0	0	-89,6572	2	2,97857	ELUv	Combination	0	-3,803	0	0	0	-12,9786
1	2,525	ELUvc2	Combination	0	102,263	0	0	0	-129,1064	2	3,475	ELUv	Combination	0	7,925	0	0	0	-14,0016
1	0	ELUv2	Combination	0	-3,747E-14	0	0	0	1,616E-13	2	0	ELUc2	Combination	0	-81,236	0	0	0	-75,3121
1	0,42083	ELUv2	Combination	0	41,011	0	0	0	-8,6294	2	0,49643	ELUc2	Combination	0	-61,13	0	0	0	-39,9748
1	0,84167	ELUv2	Combination	0	82,022	0	0	0	-34,5176	2	0,99286	ELUc2	Combination	0	-41,025	0	0	0	-14,6183
1	1,2625	ELUv2	Combination	0	123,033	0	0	0	-77,6645	2	1,48929	ELUc2	Combination	0	-20,92	0	0	0	0,7573
1	1,68333	ELUv2	Combination	0	164,044	0	0	0	-138,0702	2	1,98571	ELUc2	Combination	0	-0,814	0	0	0	6,152
1	2,10417	ELUv2	Combination	0	205,055	0	0	0	-215,7347	2	2,48214	ELUc2	Combination	0	19,291	0	0	0	1,5658
1	2,525	ELUv2	Combination	0	246,066	0	0	0	-310,658	2	2,97857	ELUc2	Combination	0	39,396	0	0	0	-13,0013
2	0	ELU	Combination	0	-98,152	0	0	0	-129,1064	2	3,475	ELUc2	Combination	0	59,502	0	0	0	-37,5492
2	0,49643	ELU	Combination	0	-78,047	0	0	0	-85,3712	2	0	ELUvc	Combination	0	-100,104	0	0	0	-129,1064
2	0,99286	ELU	Combination	0	-57,942	0	0	0	-51,6169	2	0,49643	ELUvc	Combination	0	-79,999	0	0	0	-84,4022
2	1,48929	ELU	Combination	0	-37,836	0	0	0	-27,8434	2	0,99286	ELUvc	Combination	0	-59,894	0	0	0	-49,6789
2	1,98571	ELU	Combination	0	-17,731	0	0	0	-14,0509	2	1,48929	ELUvc	Combination	0	-39,788	0	0	0	-24,9364
2	2,48214	ELU	Combination	0	2,374	0	0	0	-10,2392	2	1,98571	ELUvc	Combination	0	-19,683	0	0	0	-10,1749
2	2,97857	ELU	Combination	0	22,48	0	0	0	-16,4084	2	2,48214	ELUvc	Combination	0	0,422	0	0	0	-5,3942
2	3,475	ELU	Combination	0	42,585	0	0	0	-32,5584	2	2,97857	ELUvc	Combination	0	20,528	0	0	0	-10,5944
2	0	ELUc	Combination	0	-83,906	0	0	0	-75,3121	2	3,475	ELUvc	Combination	0	40,633	0	0	0	-25,7754
2	0,49643	ELUc	Combination	0	-63,8	0	0	0	-38,6493	2	0	ELUv2c	Combination	0	-57,256	0	0	0	-75,3121
2	0,99286	ELUc	Combination	0	-43,695	0	0	0	-11,9673	2	0,49643	ELUv2c	Combination	0	-45,527	0	0	0	-49,7999
2	1,48929	ELUc	Combination	0	-23,59	0	0	0	4,7337	2	0,99286	ELUv2c	Combination	0	-33,799	0	0	0	-30,1099



PROYECTO BÁSICO DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA N-III DE ACCESO AL RECINTO FERIAL EN REQUENA (VALENCIA). ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y CÁLCULO RESISTENTE A NIVEL GLOBAL.

NURIA PARDO GARCÍA. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. ETSICCP.



2	1,48929	ELUv2c	Combination	0	-22,071	0	0	0	-16,242	3	0,99286	ELUc	Combination	0	-4,055	0	0	0	-12,6003
2	1,98571	ELUv2c	Combination	0	-10,343	0	0	0	-8,1963	3	1,48929	ELUc	Combination	0	7,673	0	0	0	-13,4983
2	2,48214	ELUv2c	Combination	0	1,385	0	0	0	-5,9729	3	1,98571	ELUc	Combination	0	19,401	0	0	0	-20,2185
2	2,97857	ELUv2c	Combination	0	13,113	0	0	0	-9,5715	3	2,48214	ELUc	Combination	0	31,129	0	0	0	-32,7608
2	3,475	ELUv2c	Combination	0	24,841	0	0	0	-18,9924	3	2,97857	ELUc	Combination	0	42,857	0	0	0	-51,1254
2	0	ELUvc2	Combination	0	-97,434	0	0	0	-129,1064	3	3,475	ELUc	Combination	0	54,585	0	0	0	-75,3121
2	0,49643	ELUvc2	Combination	0	-77,329	0	0	0	-85,7277	3	0	ELUv	Combination	0	-7,925	0	0	0	-14,0016
2	0,99286	ELUvc2	Combination	0	-57,224	0	0	0	-52,3299	3	0,49643	ELUv	Combination	0	3,803	0	0	0	-12,9786
2	1,48929	ELUvc2	Combination	0	-37,118	0	0	0	-28,9129	3	0,99286	ELUv	Combination	0	15,531	0	0	0	-17,7778
2	1,98571	ELUvc2	Combination	0	-17,013	0	0	0	-15,4768	3	1,48929	ELUv	Combination	0	27,26	0	0	0	-28,3992
2	2,48214	ELUvc2	Combination	0	3,093	0	0	0	-12,0216	3	1,98571	ELUv	Combination	0	38,988	0	0	0	-44,8427
2	2,97857	ELUvc2	Combination	0	23,198	0	0	0	-18,5473	3	2,48214	ELUv	Combination	0	50,716	0	0	0	-67,1084
2	3,475	ELUvc2	Combination	0	43,303	0	0	0	-35,0538	3	2,97857	ELUv	Combination	0	62,444	0	0	0	-95,1963
2	0	ELUv2	Combination	0	-131,264	0	0	0	-310,658	3	3,475	ELUv	Combination	0	74,172	0	0	0	-129,1064
2	0,49643	ELUv2	Combination	0	-119,536	0	0	0	-248,4058	3	0	ELUc2	Combination	0	-59,502	0	0	0	-37,5492
2	0,99286	ELUv2	Combination	0	-107,808	0	0	0	-191,9757	3	0,49643	ELUc2	Combination	0	-39,396	0	0	0	-13,0013
2	1,48929	ELUv2	Combination	0	-96,08	0	0	0	-141,3678	3	0,99286	ELUc2	Combination	0	-19,291	0	0	0	1,5658
2	1,98571	ELUv2	Combination	0	-84,352	0	0	0	-96,5821	3	1,48929	ELUc2	Combination	0	0,814	0	0	0	6,152
2	2,48214	ELUv2	Combination	0	-72,624	0	0	0	-57,6186	3	1,98571	ELUc2	Combination	0	20,92	0	0	0	0,7573
2	2,97857	ELUv2	Combination	0	-60,895	0	0	0	-24,4772	3	2,48214	ELUc2	Combination	0	41,025	0	0	0	-14,6183
2	3,475	ELUv2	Combination	0	-49,167	0	0	0	2,8419	3	2,97857	ELUc2	Combination	0	61,13	0	0	0	-39,9748
3	0	ELU	Combination	0	-42,585	0	0	0	-32,5584	3	3,475	ELUc2	Combination	0	81,236	0	0	0	-75,3121
3	0,49643	ELU	Combination	0	-22,48	0	0	0	-16,4084	3	0	ELUvc	Combination	0	-26,793	0	0	0	-25,7754
3	0,99286	ELU	Combination	0	-2,374	0	0	0	-10,2392	3	0,49643	ELUvc	Combination	0	-15,065	0	0	0	-15,3855
3	1,48929	ELU	Combination	0	17,731	0	0	0	-14,0509	3	0,99286	ELUvc	Combination	0	-3,337	0	0	0	-10,8179
3	1,98571	ELU	Combination	0	37,836	0	0	0	-27,8434	3	1,48929	ELUvc	Combination	0	8,391	0	0	0	-12,0723
3	2,48214	ELU	Combination	0	57,942	0	0	0	-51,6169	3	1,98571	ELUvc	Combination	0	20,119	0	0	0	-19,149
3	2,97857	ELU	Combination	0	78,047	0	0	0	-85,3712	3	2,48214	ELUvc	Combination	0	31,847	0	0	0	-32,0479
3	3,475	ELU	Combination	0	98,152	0	0	0	-129,1064	3	2,97857	ELUvc	Combination	0	43,575	0	0	0	-50,7689
3	0	ELUc	Combination	0	-27,511	0	0	0	-28,2708	3	3,475	ELUvc	Combination	0	55,304	0	0	0	-75,3121
3	0,49643	ELUc	Combination	0	-15,783	0	0	0	-17,5245	3	0	ELUv2c	Combination	0	-24,841	0	0	0	-18,9924



3	0,49643	ELUv2c	Combination	0	-13,113	0	0	0	-9,5715	4	0,42083	ELUc	Combination	0	-49,711	0	0	0	-52,3
3	0,99286	ELUv2c	Combination	0	-1,385	0	0	0	-5,9729	4	0,84167	ELUc	Combination	0	-39,769	0	0	0	-33,472
3	1,48929	ELUv2c	Combination	0	10,343	0	0	0	-8,1963	4	1,2625	ELUc	Combination	0	-29,827	0	0	0	-18,828
3	1,98571	ELUv2c	Combination	0	22,071	0	0	0	-16,242	4	1,68333	ELUc	Combination	0	-19,884	0	0	0	-8,368
3	2,48214	ELUv2c	Combination	0	33,799	0	0	0	-30,1099	4	2,10417	ELUc	Combination	0	-9,942	0	0	0	-2,092
3	2,97857	ELUv2c	Combination	0	45,527	0	0	0	-49,7999	4	2,525	ELUc	Combination	0	-1,709E-14	0	0	0	1,072E-14
3	3,475	ELUv2c	Combination	0	57,256	0	0	0	-75,3121	4	0	ELUv	Combination	0	-102,263	0	0	0	-129,1064
3	0	ELUvc2	Combination	0	-58,784	0	0	0	-35,0538	4	0,42083	ELUv	Combination	0	-85,219	0	0	0	-89,6572
3	0,49643	ELUvc2	Combination	0	-38,678	0	0	0	-10,8624	4	0,84167	ELUv	Combination	0	-68,175	0	0	0	-57,3806
3	0,99286	ELUvc2	Combination	0	-18,573	0	0	0	3,3482	4	1,2625	ELUv	Combination	0	-51,131	0	0	0	-32,2766
3	1,48929	ELUvc2	Combination	0	1,532	0	0	0	7,5779	4	1,68333	ELUv	Combination	0	-34,088	0	0	0	-14,3452
3	1,98571	ELUvc2	Combination	0	21,638	0	0	0	1,8267	4	2,10417	ELUv	Combination	0	-17,044	0	0	0	-3,5863
3	2,48214	ELUvc2	Combination	0	41,743	0	0	0	-13,9053	4	2,525	ELUv	Combination	0	-7,494E-15	0	0	0	-3,522E-15
3	2,97857	ELUvc2	Combination	0	61,849	0	0	0	-39,6183	4	0	ELUc2	Combination	0	-59,653	0	0	0	-75,3121
3	3,475	ELUvc2	Combination	0	81,954	0	0	0	-75,3121	4	0,42083	ELUc2	Combination	0	-49,711	0	0	0	-52,3
3	0	ELUv2	Combination	0	49,167	0	0	0	2,8419	4	0,84167	ELUc2	Combination	0	-39,769	0	0	0	-33,472
3	0,49643	ELUv2	Combination	0	60,895	0	0	0	-24,4772	4	1,2625	ELUc2	Combination	0	-29,827	0	0	0	-18,828
3	0,99286	ELUv2	Combination	0	72,624	0	0	0	-57,6186	4	1,68333	ELUc2	Combination	0	-19,884	0	0	0	-8,368
3	1,48929	ELUv2	Combination	0	84,352	0	0	0	-96,5821	4	2,10417	ELUc2	Combination	0	-9,942	0	0	0	-2,092
3	1,98571	ELUv2	Combination	0	96,08	0	0	0	-141,3678	4	2,525	ELUc2	Combination	0	-1,948E-14	0	0	0	1,692E-14
3	2,48214	ELUv2	Combination	0	107,808	0	0	0	-191,9757	4	0	ELUvc	Combination	0	-59,653	0	0	0	-75,3121
3	2,97857	ELUv2	Combination	0	119,536	0	0	0	-248,4058	4	0,42083	ELUvc	Combination	0	-49,711	0	0	0	-52,3
3	3,475	ELUv2	Combination	0	131,264	0	0	0	-310,658	4	0,84167	ELUvc	Combination	0	-39,769	0	0	0	-33,472
4	0	ELU	Combination	0	-102,263	0	0	0	-129,1064	4	1,2625	ELUvc	Combination	0	-29,827	0	0	0	-18,828
4	0,42083	ELU	Combination	0	-85,219	0	0	0	-89,6572	4	1,68333	ELUvc	Combination	0	-19,884	0	0	0	-8,368
4	0,84167	ELU	Combination	0	-68,175	0	0	0	-57,3806	4	2,10417	ELUvc	Combination	0	-9,942	0	0	0	-2,092
4	1,2625	ELU	Combination	0	-51,131	0	0	0	-32,2766	4	2,525	ELUvc	Combination	0	-1,705E-14	0	0	0	1,077E-14
4	1,68333	ELU	Combination	0	-34,088	0	0	0	-14,3452	4	0	ELUv2c	Combination	0	-59,653	0	0	0	-75,3121
4	2,10417	ELU	Combination	0	-17,044	0	0	0	-3,5863	4	0,42083	ELUv2c	Combination	0	-49,711	0	0	0	-52,3
4	2,525	ELU	Combination	0	-1,709E-14	0	0	0	-3,522E-15	4	0,84167	ELUv2c	Combination	0	-39,769	0	0	0	-33,472
4	0	ELUc	Combination	0	-59,653	0	0	0	-75,3121	4	1,2625	ELUv2c	Combination	0	-29,827	0	0	0	-18,828

4	1,68333	ELUv2c	Combination	0	-19,884	0	0	0	-8,368
4	2,10417	ELUv2c	Combination	0	-9,942	0	0	0	-2,092
4	2,525	ELUv2c	Combination	0	-1,709E-14	0	0	0	1,087E-14
4	0	ELUvc2	Combination	0	-59,653	0	0	0	-75,3121
4	0,42083	ELUvc2	Combination	0	-49,711	0	0	0	-52,3
4	0,84167	ELUvc2	Combination	0	-39,769	0	0	0	-33,472
4	1,2625	ELUvc2	Combination	0	-29,827	0	0	0	-18,828
4	1,68333	ELUvc2	Combination	0	-19,884	0	0	0	-8,368
4	2,10417	ELUvc2	Combination	0	-9,942	0	0	0	-2,092
4	2,525	ELUvc2	Combination	0	-1,709E-14	0	0	0	8,468E-15
4	0	ELUv2	Combination	0	-246,066	0	0	0	-310,658
4	0,42083	ELUv2	Combination	0	-205,055	0	0	0	-215,7347
4	0,84167	ELUv2	Combination	0	-164,044	0	0	0	-138,0702
4	1,2625	ELUv2	Combination	0	-123,033	0	0	0	-77,6645
4	1,68333	ELUv2	Combination	0	-82,022	0	0	0	-34,5176
4	2,10417	ELUv2	Combination	0	-41,011	0	0	0	-8,6294
4	2,525	ELUv2	Combination	0	-7,494E-15	0	0	0	-3,23E-14

II. Máxima flexión positiva

Para el cálculo de la armadura de la cara inferior se debe hallar el flector de cálculo más desfavorable; que en este caso se da cuando la sección transversal es de 9 metros (menor voladizo para evitar que aumente el momento negativo), y cargando con sobrecarga únicamente un vano (ELUc).

A continuación se representa el gráfico (Figura 10) con el flector más desfavorable, que se produce cuando se carga la sección transversal de 9 metros.

Siendo de un valor de $M_{ed} = 34,76 \text{ KN}\cdot\text{m}$.

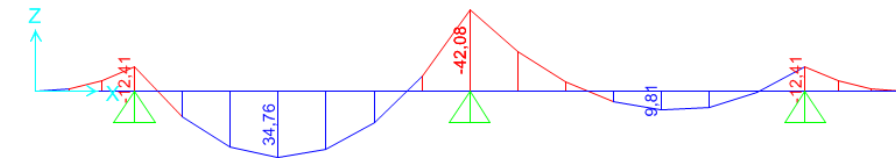


Figura 10. Diagrama de flectores de la sección transversal de la losa (máxima flexión positiva)

Se adjunta también la Tabla 8, donde se recogen todas las hipótesis de carga y en ella esta subrayada la más desfavorable (la de mayor flector positivo).

Tabla 7. Esfuerzos de la losa para el cálculo de la flexión transversal. ELU (máx flexión negativa)

Con: $M_{ed} = -310,66 \text{ KN}\cdot\text{m}$

$V_{ed} = 246,07 \text{ KN}$

Se realiza el dimensionamiento de la armadura superior de la losa.

TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	0	ELU	Combination	0	8,993E-15	0	0	0	7,494E-15
1	0,34167	ELU	Combination	0	13,838	0	0	0	-2,3639
1	0,68333	ELU	Combination	0	27,675	0	0	0	-9,4556
1	1,025	ELU	Combination	0	41,513	0	0	0	-21,2752
1	0	ELUc	Combination	0	-5,995E-16	0	0	0	1,709E-14
1	0,34167	ELUc	Combination	0	8,072	0	0	0	-1,3789
1	0,68333	ELUc	Combination	0	16,144	0	0	0	-5,5158
1	1,025	ELUc	Combination	0	24,216	0	0	0	-12,4105
1	0	ELUv	Combination	0	1,859E-14	0	0	0	5,096E-15
1	0,34167	ELUv	Combination	0	13,838	0	0	0	-2,3639



1	0,68333	ELUv	Combination	0	27,675	0	0	0	-9,4556	2	0,49643	ELUc	Combination	0	-41,725	0	0	0	13,2935
1	1,025	ELUv	Combination	0	41,513	0	0	0	-21,2752	2	0,99286	ELUc	Combination	0	-21,62	0	0	0	29,0166
1	0	ELUc2	Combination	0	-1,019E-14	0	0	0	1,709E-14	2	1,48929	ELUc	Combination	0	-1,514	0	0	0	34,7588
1	0,34167	ELUc2	Combination	0	8,072	0	0	0	-1,3789	2	1,98571	ELUc	Combination	0	18,591	0	0	0	30,5202
1	0,68333	ELUc2	Combination	0	16,144	0	0	0	-5,5158	2	2,48214	ELUc	Combination	0	38,696	0	0	0	16,3006
1	1,025	ELUc2	Combination	0	24,216	0	0	0	-12,4105	2	2,97857	ELUc	Combination	0	58,802	0	0	0	-7,8998
1	0	ELUvc	Combination	0	8,993E-15	0	0	0	1,709E-14	2	3,475	ELUc	Combination	0	78,907	0	0	0	-42,081
1	0,34167	ELUvc	Combination	0	13,838	0	0	0	-2,3639	2	0	ELUv	Combination	0	-39,343	0	0	0	-21,2752
1	0,68333	ELUvc	Combination	0	27,675	0	0	0	-9,4556	2	0,49643	ELUv	Combination	0	-27,615	0	0	0	-4,6551
1	1,025	ELUvc	Combination	0	41,513	0	0	0	-21,2752	2	0,99286	ELUv	Combination	0	-15,887	0	0	0	6,1427
1	0	ELUv2c	Combination	0	-5,995E-16	0	0	0	7,494E-15	2	1,48929	ELUv	Combination	0	-4,159	0	0	0	11,1183
1	0,34167	ELUv2c	Combination	0	8,072	0	0	0	-1,3789	2	1,98571	ELUv	Combination	0	7,569	0	0	0	10,2718
1	0,68333	ELUv2c	Combination	0	16,144	0	0	0	-5,5158	2	2,48214	ELUv	Combination	0	19,297	0	0	0	3,6031
1	1,025	ELUv2c	Combination	0	24,216	0	0	0	-12,4105	2	2,97857	ELUv	Combination	0	31,026	0	0	0	-8,8878
1	0	ELUvc2	Combination	0	-5,995E-16	0	0	0	7,494E-15	2	3,475	ELUv	Combination	0	42,754	0	0	0	-27,2008
1	0,34167	ELUvc2	Combination	0	13,838	0	0	0	-2,3639	2	0	ELUc2	Combination	0	-58,179	0	0	0	-12,4105
1	0,68333	ELUvc2	Combination	0	27,675	0	0	0	-9,4556	2	0,49643	ELUc2	Combination	0	-38,074	0	0	0	11,4808
1	1,025	ELUvc2	Combination	0	41,513	0	0	0	-21,2752	2	0,99286	ELUc2	Combination	0	-17,968	0	0	0	25,3912
1	0	ELUv2	Combination	0	4,197E-15	0	0	0	-2,098E-15	2	1,48929	ELUc2	Combination	0	2,137	0	0	0	29,3208
1	0,34167	ELUv2	Combination	0	13,838	0	0	0	-2,3639	2	1,98571	ELUc2	Combination	0	22,242	0	0	0	23,2695
1	0,68333	ELUv2	Combination	0	27,675	0	0	0	-9,4556	2	2,48214	ELUc2	Combination	0	42,348	0	0	0	7,2373
1	1,025	ELUv2	Combination	0	41,513	0	0	0	-21,2752	2	2,97857	ELUc2	Combination	0	62,453	0	0	0	-18,7758
2	0	ELU	Combination	0	-61,991	0	0	0	-21,2752	2	3,475	ELUc2	Combination	0	82,558	0	0	0	-54,7697
2	0,49643	ELU	Combination	0	-41,886	0	0	0	4,5087	2	0	ELUvc	Combination	0	-65,012	0	0	0	-21,2752
2	0,99286	ELU	Combination	0	-21,781	0	0	0	20,3116	2	0,49643	ELUvc	Combination	0	-44,907	0	0	0	6,0083
2	1,48929	ELU	Combination	0	-1,675	0	0	0	26,1337	2	0,99286	ELUvc	Combination	0	-24,801	0	0	0	23,3108
2	1,98571	ELU	Combination	0	18,43	0	0	0	21,9749	2	1,48929	ELUvc	Combination	0	-4,696	0	0	0	30,6325
2	2,48214	ELU	Combination	0	38,535	0	0	0	7,8352	2	1,98571	ELUvc	Combination	0	15,409	0	0	0	27,9733
2	2,97857	ELU	Combination	0	58,641	0	0	0	-16,2854	2	2,48214	ELUvc	Combination	0	35,515	0	0	0	15,3332
2	3,475	ELU	Combination	0	78,746	0	0	0	-50,3868	2	2,97857	ELUvc	Combination	0	55,62	0	0	0	-7,2877
2	0	ELUc	Combination	0	-61,83	0	0	0	-12,4105	2	3,475	ELUvc	Combination	0	75,725	0	0	0	-39,8895



2	0	ELUv2c	Combination	0	-36,162	0	0	0	-12,4105	3	3,475	ELU	Combination	0	61,991	0	0	0	-21,2752
2	0,49643	ELUv2c	Combination	0	-24,433	0	0	0	2,6301	3	0	ELUc	Combination	0	-49,587	0	0	0	-42,081
2	0,99286	ELUv2c	Combination	0	-12,705	0	0	0	11,8484	3	0,49643	ELUc	Combination	0	-37,859	0	0	0	-20,3758
2	1,48929	ELUv2c	Combination	0	-0,977	0	0	0	15,2446	3	0,99286	ELUc	Combination	0	-26,13	0	0	0	-4,4928
2	1,98571	ELUv2c	Combination	0	10,751	0	0	0	12,8187	3	1,48929	ELUc	Combination	0	-14,402	0	0	0	5,568
2	2,48214	ELUv2c	Combination	0	22,479	0	0	0	4,5705	3	1,98571	ELUc	Combination	0	-2,674	0	0	0	9,8066
2	2,97857	ELUv2c	Combination	0	34,207	0	0	0	-9,4998	3	2,48214	ELUc	Combination	0	9,054	0	0	0	8,2231
2	3,475	ELUv2c	Combination	0	45,935	0	0	0	-29,3923	3	2,97857	ELUc	Combination	0	20,782	0	0	0	0,8174
2	0	ELUvc2	Combination	0	-61,361	0	0	0	-21,2752	3	3,475	ELUc	Combination	0	32,51	0	0	0	-12,4105
2	0,49643	ELUvc2	Combination	0	-41,255	0	0	0	4,1956	3	0	ELUv	Combination	0	-45,305	0	0	0	-27,2008
2	0,99286	ELUvc2	Combination	0	-21,15	0	0	0	19,6855	3	0,49643	ELUv	Combination	0	-33,577	0	0	0	-7,6214
2	1,48929	ELUvc2	Combination	0	-1,045	0	0	0	25,1945	3	0,99286	ELUv	Combination	0	-21,848	0	0	0	6,1359
2	1,98571	ELUvc2	Combination	0	19,061	0	0	0	20,7226	3	1,48929	ELUv	Combination	0	-10,12	0	0	0	14,0709
2	2,48214	ELUvc2	Combination	0	39,166	0	0	0	6,2698	3	1,98571	ELUv	Combination	0	1,608	0	0	0	16,1838
2	2,97857	ELUvc2	Combination	0	59,271	0	0	0	-18,1638	3	2,48214	ELUv	Combination	0	13,336	0	0	0	12,4746
2	3,475	ELUvc2	Combination	0	79,377	0	0	0	-52,5783	3	2,97857	ELUv	Combination	0	25,064	0	0	0	2,9431
2	0	ELUv2	Combination	0	-39,974	0	0	0	-21,2752	3	3,475	ELUv	Combination	0	36,792	0	0	0	-12,4105
2	0,49643	ELUv2	Combination	0	-28,246	0	0	0	-4,3421	3	0	ELUc2	Combination	0	-82,558	0	0	0	-54,7697
2	0,99286	ELUv2	Combination	0	-16,518	0	0	0	6,7688	3	0,49643	ELUc2	Combination	0	-62,453	0	0	0	-18,7758
2	1,48929	ELUv2	Combination	0	-4,789	0	0	0	12,0575	3	0,99286	ELUc2	Combination	0	-42,348	0	0	0	7,2373
2	1,98571	ELUv2	Combination	0	6,939	0	0	0	11,5241	3	1,48929	ELUc2	Combination	0	-22,242	0	0	0	23,2695
2	2,48214	ELUv2	Combination	0	18,667	0	0	0	5,1685	3	1,98571	ELUc2	Combination	0	-2,137	0	0	0	29,3208
2	2,97857	ELUv2	Combination	0	30,395	0	0	0	-7,0094	3	2,48214	ELUc2	Combination	0	17,968	0	0	0	25,3912
2	3,475	ELUv2	Combination	0	42,123	0	0	0	-25,0093	3	2,97857	ELUc2	Combination	0	38,074	0	0	0	11,4808
3	0	ELU	Combination	0	-78,746	0	0	0	-50,3868	3	3,475	ELUc2	Combination	0	58,179	0	0	0	-12,4105
3	0,49643	ELU	Combination	0	-58,641	0	0	0	-16,2854	3	0	ELUvc	Combination	0	-48,956	0	0	0	-39,8895
3	0,99286	ELU	Combination	0	-38,535	0	0	0	7,8352	3	0,49643	ELUvc	Combination	0	-37,228	0	0	0	-18,4974
3	1,48929	ELU	Combination	0	-18,43	0	0	0	21,9749	3	0,99286	ELUvc	Combination	0	-25,5	0	0	0	-2,9275
3	1,98571	ELU	Combination	0	1,675	0	0	0	26,1337	3	1,48929	ELUvc	Combination	0	-13,772	0	0	0	6,8202
3	2,48214	ELU	Combination	0	21,781	0	0	0	20,3116	3	1,98571	ELUvc	Combination	0	-2,044	0	0	0	10,7458
3	2,97857	ELU	Combination	0	41,886	0	0	0	4,5087	3	2,48214	ELUvc	Combination	0	9,685	0	0	0	8,8492



3	2,97857	ELUvc	Combination	0	21,413	0	0	0	1,1304	4	0,34167	ELUc	Combination	0	-16,144	0	0	0	-5,5158
3	3,475	ELUvc	Combination	0	33,141	0	0	0	-12,4105	4	0,68333	ELUc	Combination	0	-8,072	0	0	0	-1,3789
3	0	ELUv2c	Combination	0	-45,935	0	0	0	-29,3923	4	1,025	ELUc	Combination	0	8,993E-16	0	0	0	-1,199E-14
3	0,49643	ELUv2c	Combination	0	-34,207	0	0	0	-9,4998	4	0	ELUv	Combination	0	-24,216	0	0	0	-12,4105
3	0,99286	ELUv2c	Combination	0	-22,479	0	0	0	4,5705	4	0,34167	ELUv	Combination	0	-16,144	0	0	0	-5,5158
3	1,48929	ELUv2c	Combination	0	-10,751	0	0	0	12,8187	4	0,68333	ELUv	Combination	0	-8,072	0	0	0	-1,3789
3	1,98571	ELUv2c	Combination	0	0,977	0	0	0	15,2446	4	1,025	ELUv	Combination	0	2,098E-15	0	0	0	-8,423E-15
3	2,48214	ELUv2c	Combination	0	12,705	0	0	0	11,8484	4	0	ELUc2	Combination	0	-24,216	0	0	0	-12,4105
3	2,97857	ELUv2c	Combination	0	24,433	0	0	0	2,6301	4	0,34167	ELUc2	Combination	0	-16,144	0	0	0	-5,5158
3	3,475	ELUv2c	Combination	0	36,162	0	0	0	-12,4105	4	0,68333	ELUc2	Combination	0	-8,072	0	0	0	-1,3789
3	0	ELUvc2	Combination	0	-81,928	0	0	0	-52,5783	4	1,025	ELUc2	Combination	0	1,049E-14	0	0	0	-7,434E-15
3	0,49643	ELUvc2	Combination	0	-61,822	0	0	0	-16,8974	4	0	ELUvc	Combination	0	-24,216	0	0	0	-12,4105
3	0,99286	ELUvc2	Combination	0	-41,717	0	0	0	8,8026	4	0,34167	ELUvc	Combination	0	-16,144	0	0	0	-5,5158
3	1,48929	ELUvc2	Combination	0	-21,612	0	0	0	24,5217	4	0,68333	ELUvc	Combination	0	-8,072	0	0	0	-1,3789
3	1,98571	ELUvc2	Combination	0	-1,506	0	0	0	30,26	4	1,025	ELUvc	Combination	0	8,993E-16	0	0	0	-7,194E-15
3	2,48214	ELUvc2	Combination	0	18,599	0	0	0	26,0174	4	0	ELUv2c	Combination	0	-24,216	0	0	0	-12,4105
3	2,97857	ELUvc2	Combination	0	38,704	0	0	0	11,7939	4	0,34167	ELUv2c	Combination	0	-16,144	0	0	0	-5,5158
3	3,475	ELUvc2	Combination	0	58,81	0	0	0	-12,4105	4	0,68333	ELUv2c	Combination	0	-8,072	0	0	0	-1,3789
3	0	ELUv2	Combination	0	-42,123	0	0	0	-25,0093	4	1,025	ELUv2c	Combination	0	8,993E-16	0	0	0	-7,194E-15
3	0,49643	ELUv2	Combination	0	-30,395	0	0	0	-7,0094	4	0	ELUvc2	Combination	0	-24,216	0	0	0	-12,4105
3	0,99286	ELUv2	Combination	0	-18,667	0	0	0	5,1685	4	0,34167	ELUvc2	Combination	0	-16,144	0	0	0	-5,5158
3	1,48929	ELUv2	Combination	0	-6,939	0	0	0	11,5241	4	0,68333	ELUvc2	Combination	0	-8,072	0	0	0	-1,3789
3	1,98571	ELUv2	Combination	0	4,789	0	0	0	12,0575	4	1,025	ELUvc2	Combination	0	8,993E-16	0	0	0	1,199E-14
3	2,48214	ELUv2	Combination	0	16,518	0	0	0	6,7688	4	0	ELUv2	Combination	0	-41,513	0	0	0	-21,2752
3	2,97857	ELUv2	Combination	0	28,246	0	0	0	-4,3421	4	0,34167	ELUv2	Combination	0	-27,675	0	0	0	-9,4556
3	3,475	ELUv2	Combination	0	39,974	0	0	0	-21,2752	4	0,68333	ELUv2	Combination	0	-13,838	0	0	0	-2,3639
4	0	ELU	Combination	0	-41,513	0	0	0	-21,2752	4	1,025	ELUv2	Combination	0	-1,499E-15	0	0	0	-3,297E-15
4	0,34167	ELU	Combination	0	-27,675	0	0	0	-9,4556										
4	0,68333	ELU	Combination	0	-13,838	0	0	0	-2,3639										
4	1,025	ELU	Combination	0	1,289E-14	0	0	0	-8,393E-15										
4	0	ELUc	Combination	0	-24,216	0	0	0	-12,4105										

Tabla 8. Esfuerzos de la losa para el cálculo de la flexión transversal. ELU(máx flexión positiva)

Con:

$$M_{ed} = 34,76 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$V_{ed} = 82,56 \text{ KN}$$

	M_{ed} (máx positivo)
	34,76 KN·m
V_{ed} concomitante	82,56 KN

Con estos valores de cálculo se realiza el dimensionamiento de la cara inferior de la losa.

I. Cálculo seccional

Realizando el cálculo seccional, para un, $M_{ed} = 34,76 \text{ KN}\cdot\text{m}$; obtenemos que se encuentra en zona C. Esto significa que $A_{s'}$ no es necesaria y que A_s ya ha plastificado, por lo que para poder realizar el cálculo del armado se puede suponer la tensión de la armadura de un valor igual a f_{yd} .

La posición de la fibra neutra es:

x	0,002721004 m
---	---------------

Como ya se ha nombrado al principio del anejo suponiendo unos diámetros de:

- En la cara superior : $\phi 20$
- En la cara inferior : $\phi 12$

El recubrimiento necesario será de:

- En la cara superior:

$$c_{nom} = 20 + 10 = 30 \text{ mm} \quad c_{mec} = c_{nom} + \frac{\phi}{2} = 40 \text{ mm}$$

- En la cara inferior:

$$c_{nom} = 20 + 10 = 30 \text{ mm} \quad c_{mec} = c_{nom} + \frac{\phi}{2} = 36 \text{ mm}$$

7.3.2.3. DIMENSIONAMIENTO DE ARMADURA DE LA CARA INFERIOR

Recopilando datos tenemos los siguientes valores de flectores y cortantes para el dimensionamiento:

Para hallar la zona de dimensionamiento y comprobar que la curvatura es positiva, nos basamos en los siguientes flectores y axiles:

M_{1c}(X_{lím})	1276,75 KN·m
M_{2c}(X_{lím})	-101,41 KN·m
N_c(-∞)	0 KN
M_{1c}(-∞)	0 KN·m
M_{2c}(-∞)	0 KN·m
N_c(∞)	18750 KN
M_{1c}(∞)	1668,75 KN·m
M_{2c}(∞)	-1593,75 KN·m
M_{1Ed}	34,76 KN·m
M_{2Ed}	34,76 KN·m

Con ello se obtiene una cuantía de armadura de valor:

$$A_s = 0,0003754 \text{ m}^2$$

Siendo los valores de los mínimos los siguientes:

As,min (mecánica)	0,00153449 m ²
As,min Control fisuración	0,0014826 m ²
As,max	0,025 m ²

Por lo que la armadura a disponer vendrá impuesta por mínimos al ser superior que la necesaria por cálculo.

$A_s = 0,001534 \text{ m}^2 \rightarrow 14\phi 12$ (cuya separación es superior a 300 mm por lo que hay que aumentar el número de redondos).

Por lo que finalmente la armadura a disponer será de:

CARA INFERIOR DE LA LOSA (TRANSVERSAL)		
As	17 $\phi 12$	0,0019226 m ²
$\phi 12/14$		

Esta armadura está dispuesta en una sección de 2,5 x 0,25 m. Por lo tanto estos redondos se extienden por los 2,5 metros.

II. ELS Limitación de tensiones. Fisuración

En primer lugar se limitan las tensiones máximas tal que para:

- Tensiones de tracción en las armadura

$$\sigma_{s,m\acute{a}x}(N_{carac}, M_{carac}) \geq -0,8 \cdot f_{yk} = -0,8 \cdot 500 = -400 \text{ MPa}$$

Para la comprobación de fisuración se halla el flector más desfavorable para ELS en la combinación casi-permanente y característica y se compara con el momento de fisuración.

Estos valores se obtienen con SAP, ya que tenemos varias hipótesis de carga para el caso de ELS característico. Estas diferentes hipótesis son:

- ELS : PP+CM+SC en toda la longitud
- ELSc : PP+CM+SC en uno de los vanos centrales
- ELSv : PP+CM+SC en un voladizo
- ELSc2 : PP+CM+SC en los dos vanos centrales
- ELSv2 : PP+CM+SC en los dos voladizos
- ELSvc : PP+CM+SC en un vano central y en un voladizo

Para el caso de ELS casi-permanente solo hay una opción al multiplicarse la sobrecarga por un coeficiente de simultaneidad nulo.



En la Tabla 9 se muestran los valores de cálculo de los estados límite de servicio, subrayando en azul los máximos para la situación casi-permanente y en morado los de la característica.

TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	0	ELS	Combination	0	-2,243E-14	0	0	0	3,553E-15
1	0,44375	ELS	Combination	0	13,313	0	0	0	-2,9537
1	0,8875	ELS	Combination	0	26,625	0	0	0	-11,8148
1	1,33125	ELS	Combination	0	39,938	0	0	0	-26,5834
1	1,775	ELS	Combination	0	53,25	0	0	0	-47,2594
1	0	ELSc	Combination	0	-2,065E-14	0	0	0	-1,155E-14
1	0,44375	ELSc	Combination	0	7,766	0	0	0	-1,723
1	0,8875	ELSc	Combination	0	15,531	0	0	0	-6,892
1	1,33125	ELSc	Combination	0	23,297	0	0	0	-15,507
1	1,775	ELSc	Combination	0	31,063	0	0	0	-27,568
1	0	ELSV	Combination	0	-1,71E-14	0	0	0	9,77E-15
1	0,44375	ELSV	Combination	0	13,313	0	0	0	-2,9537
1	0,8875	ELSV	Combination	0	26,625	0	0	0	-11,8148
1	1,33125	ELSV	Combination	0	39,938	0	0	0	-26,5834
1	1,775	ELSV	Combination	0	53,25	0	0	0	-47,2594
1	0	ELSc2	Combination	0	-2,065E-14	0	0	0	-4,441E-15
1	0,44375	ELSc2	Combination	0	7,766	0	0	0	-1,723
1	0,8875	ELSc2	Combination	0	15,531	0	0	0	-6,892
1	1,33125	ELSc2	Combination	0	23,297	0	0	0	-15,507
1	1,775	ELSc2	Combination	0	31,063	0	0	0	-27,568
1	0	ELSvc	Combination	0	-2,065E-14	0	0	0	2,22E-15
1	0,44375	ELSvc	Combination	0	13,313	0	0	0	-2,9537
1	0,8875	ELSvc	Combination	0	26,625	0	0	0	-11,8148
1	1,33125	ELSvc	Combination	0	39,938	0	0	0	-26,5834
1	1,775	ELSvc	Combination	0	53,25	0	0	0	-47,2594

1	0	ELSV2c	Combination	0	-1,71E-14	0	0	0	2,665E-15
1	0,44375	ELSV2c	Combination	0	7,766	0	0	0	-1,723
1	0,8875	ELSV2c	Combination	0	15,531	0	0	0	-6,892
1	1,33125	ELSV2c	Combination	0	23,297	0	0	0	-15,507
1	1,775	ELSV2c	Combination	0	31,063	0	0	0	-27,568
1	0	ELSvc2	Combination	0	-6,439E-15	0	0	0	1,865E-14
1	0,44375	ELSvc2	Combination	0	13,313	0	0	0	-2,9537
1	0,8875	ELSvc2	Combination	0	26,625	0	0	0	-11,8148
1	1,33125	ELSvc2	Combination	0	39,938	0	0	0	-26,5834
1	1,775	ELSvc2	Combination	0	53,25	0	0	0	-47,2594
1	0	ELSV2	Combination	0	-1,71E-14	0	0	0	6,217E-15
1	0,44375	ELSV2	Combination	0	13,313	0	0	0	-2,9537
1	0,8875	ELSV2	Combination	0	26,625	0	0	0	-11,8148
1	1,33125	ELSV2	Combination	0	39,938	0	0	0	-26,5834
1	1,775	ELSV2	Combination	0	53,25	0	0	0	-47,2594
1	0	ELScasiper	Combination	0	-1,71E-14	0	0	0	2,665E-15
1	0,44375	ELScasiper	Combination	0	7,766	0	0	0	-1,723
1	0,8875	ELScasiper	Combination	0	15,531	0	0	0	-6,892
1	1,33125	ELScasiper	Combination	0	23,297	0	0	0	-15,507
1	1,775	ELScasiper	Combination	0	31,063	0	0	0	-27,568
1	0	ELSFc	Combination	0	-1,852E-14	0	0	0	-3,02E-15
1	0,44375	ELSFc	Combination	0	7,766	0	0	0	-1,723
1	0,8875	ELSFc	Combination	0	15,531	0	0	0	-6,892
1	1,33125	ELSFc	Combination	0	23,297	0	0	0	-15,507
1	1,775	ELSFc	Combination	0	31,063	0	0	0	-27,568
2	0	ELS	Combination	0	-59,466	0	0	0	-47,2594
2	0,49643	ELS	Combination	0	-44,573	0	0	0	-21,4353
2	0,99286	ELS	Combination	0	-29,68	0	0	0	-3,0045
2	1,48929	ELS	Combination	0	-14,788	0	0	0	8,0331
2	1,98571	ELS	Combination	0	0,105	0	0	0	11,6774
2	2,48214	ELS	Combination	0	14,998	0	0	0	7,9285



2	2,97857	ELS	Combination	0	29,891	0	0	0	-3,2136	2	2,48214	ELSvc	Combination	0	13,694	0	0	0	11,165
2	3,475	ELS	Combination	0	44,784	0	0	0	-21,749	2	2,97857	ELSvc	Combination	0	28,587	0	0	0	0,6701
2	0	ELSc	Combination	0	-53,703	0	0	0	-27,568	2	3,475	ELSvc	Combination	0	43,48	0	0	0	-17,2179
2	0,49643	ELSc	Combination	0	-38,81	0	0	0	-4,6051	2	0	ELSV2c	Combination	0	-34,689	0	0	0	-27,568
2	0,99286	ELSc	Combination	0	-23,917	0	0	0	10,9645	2	0,49643	ELSV2c	Combination	0	-26,001	0	0	0	-12,5039
2	1,48929	ELSc	Combination	0	-9,024	0	0	0	19,1409	2	0,99286	ELSV2c	Combination	0	-17,314	0	0	0	-1,7526
2	1,98571	ELSc	Combination	0	5,869	0	0	0	19,924	2	1,48929	ELSV2c	Combination	0	-8,626	0	0	0	4,686
2	2,48214	ELSc	Combination	0	20,762	0	0	0	13,314	2	1,98571	ELSV2c	Combination	0	0,061	0	0	0	6,8118
2	2,97857	ELSc	Combination	0	35,655	0	0	0	-0,6894	2	2,48214	ELSV2c	Combination	0	8,749	0	0	0	4,625
2	3,475	ELSc	Combination	0	50,547	0	0	0	-22,086	2	2,97857	ELSV2c	Combination	0	17,436	0	0	0	-1,8746
2	0	ELSV	Combination	0	-41,756	0	0	0	-47,2594	2	3,475	ELSV2c	Combination	0	26,124	0	0	0	-12,6869
2	0,49643	ELSV	Combination	0	-33,069	0	0	0	-28,6868	2	0	ELSvc2	Combination	0	-58,065	0	0	0	-47,2594
2	0,99286	ELSV	Combination	0	-24,381	0	0	0	-14,427	2	0,49643	ELSvc2	Combination	0	-43,172	0	0	0	-22,1307
2	1,48929	ELSV	Combination	0	-15,694	0	0	0	-4,48	2	0,99286	ELSvc2	Combination	0	-28,28	0	0	0	-4,3954
2	1,98571	ELSV	Combination	0	-7,006	0	0	0	1,1544	2	1,48929	ELSvc2	Combination	0	-13,387	0	0	0	5,9468
2	2,48214	ELSV	Combination	0	1,681	0	0	0	2,476	2	1,98571	ELSvc2	Combination	0	1,506	0	0	0	8,8957
2	2,97857	ELSV	Combination	0	10,369	0	0	0	-0,5151	2	2,48214	ELSvc2	Combination	0	16,399	0	0	0	4,4514
2	3,475	ELSV	Combination	0	19,056	0	0	0	-7,8189	2	2,97857	ELSvc2	Combination	0	31,292	0	0	0	-7,3862
2	0	ELSc2	Combination	0	-50,998	0	0	0	-27,568	2	3,475	ELSvc2	Combination	0	46,185	0	0	0	-26,617
2	0,49643	ELSc2	Combination	0	-36,105	0	0	0	-5,9478	2	0	ELSV2	Combination	0	-43,157	0	0	0	-47,2594
2	0,99286	ELSc2	Combination	0	-21,212	0	0	0	8,2791	2	0,49643	ELSV2	Combination	0	-34,469	0	0	0	-27,9914
2	1,48929	ELSc2	Combination	0	-6,319	0	0	0	15,1127	2	0,99286	ELSV2	Combination	0	-25,782	0	0	0	-13,0362
2	1,98571	ELSc2	Combination	0	8,574	0	0	0	14,5532	2	1,48929	ELSV2	Combination	0	-17,094	0	0	0	-2,3937
2	2,48214	ELSc2	Combination	0	23,466	0	0	0	6,6003	2	1,98571	ELSV2	Combination	0	-8,407	0	0	0	3,9361
2	2,97857	ELSc2	Combination	0	38,359	0	0	0	-8,7457	2	2,48214	ELSV2	Combination	0	0,281	0	0	0	5,9532
2	3,475	ELSc2	Combination	0	53,252	0	0	0	-31,485	2	2,97857	ELSV2	Combination	0	8,968	0	0	0	3,6575
2	0	ELSvc	Combination	0	-60,77	0	0	0	-47,2594	2	3,475	ELSV2	Combination	0	17,656	0	0	0	-2,9509
2	0,49643	ELSvc	Combination	0	-45,877	0	0	0	-20,788	2	0	ELScasiper	Combination	0	-34,689	0	0	0	-27,568
2	0,99286	ELSvc	Combination	0	-30,984	0	0	0	-1,7099	2	0,49643	ELScasiper	Combination	0	-26,001	0	0	0	-12,5039
2	1,48929	ELSvc	Combination	0	-16,091	0	0	0	9,975	2	0,99286	ELScasiper	Combination	0	-17,314	0	0	0	-1,7526
2	1,98571	ELSvc	Combination	0	-1,199	0	0	0	14,2666	2	1,48929	ELScasiper	Combination	0	-8,626	0	0	0	4,686



2	1,98571	ELScasiper	Combination	0	0,061	0	0	0	6,8118	3	0,99286	ELSc2	Combination	0	-23,466	0	0	0	6,6003
2	2,48214	ELScasiper	Combination	0	8,749	0	0	0	4,625	3	1,48929	ELSc2	Combination	0	-8,574	0	0	0	14,5532
2	2,97857	ELScasiper	Combination	0	17,436	0	0	0	-1,8746	3	1,98571	ELSc2	Combination	0	6,319	0	0	0	15,1127
2	3,475	ELScasiper	Combination	0	26,124	0	0	0	-12,6869	3	2,48214	ELSc2	Combination	0	21,212	0	0	0	8,2791
3	0	ELS	Combination	0	-44,784	0	0	0	-21,749	3	2,97857	ELSc2	Combination	0	36,105	0	0	0	-5,9478
3	0,49643	ELS	Combination	0	-29,891	0	0	0	-3,2136	3	3,475	ELSc2	Combination	0	50,998	0	0	0	-27,568
3	0,99286	ELS	Combination	0	-14,998	0	0	0	7,9285	3	0	ELSvc	Combination	0	-27,428	0	0	0	-17,2179
3	1,48929	ELS	Combination	0	-0,105	0	0	0	11,6774	3	0,49643	ELSvc	Combination	0	-18,74	0	0	0	-5,7583
3	1,98571	ELS	Combination	0	14,788	0	0	0	8,0331	3	0,99286	ELSvc	Combination	0	-10,053	0	0	0	1,3885
3	2,48214	ELS	Combination	0	29,68	0	0	0	-3,0045	3	1,48929	ELSvc	Combination	0	-1,365	0	0	0	4,2227
3	2,97857	ELS	Combination	0	44,573	0	0	0	-21,4353	3	1,98571	ELSvc	Combination	0	7,322	0	0	0	2,7441
3	3,475	ELS	Combination	0	59,466	0	0	0	-47,2594	3	2,48214	ELSvc	Combination	0	16,01	0	0	0	-3,0472
3	0	ELSF	Combination	0	-33,588	0	0	0	-16,3117	3	2,97857	ELSvc	Combination	0	24,697	0	0	0	-13,1512
3	0	ELSc	Combination	0	-28,829	0	0	0	-22,086	3	3,475	ELSvc	Combination	0	33,385	0	0	0	-27,568
3	0,49643	ELSc	Combination	0	-20,141	0	0	0	-9,9309	3	0	ELSV2c	Combination	0	-26,124	0	0	0	-12,6869
3	0,99286	ELSc	Combination	0	-11,454	0	0	0	-2,0886	3	0,49643	ELSV2c	Combination	0	-17,436	0	0	0	-1,8746
3	1,48929	ELSc	Combination	0	-2,766	0	0	0	1,4409	3	0,99286	ELSV2c	Combination	0	-8,749	0	0	0	4,625
3	1,98571	ELSc	Combination	0	5,921	0	0	0	0,6578	3	1,48929	ELSV2c	Combination	0	-0,061	0	0	0	6,8118
3	2,48214	ELSc	Combination	0	14,609	0	0	0	-4,4381	3	1,98571	ELSV2c	Combination	0	8,626	0	0	0	4,686
3	2,97857	ELSc	Combination	0	23,296	0	0	0	-13,8467	3	2,48214	ELSV2c	Combination	0	17,314	0	0	0	-1,7526
3	3,475	ELSc	Combination	0	31,984	0	0	0	-27,568	3	2,97857	ELSV2c	Combination	0	26,001	0	0	0	-12,5039
3	0	ELSV	Combination	0	-24,723	0	0	0	-7,8189	3	3,475	ELSV2c	Combination	0	34,689	0	0	0	-27,568
3	0,49643	ELSV	Combination	0	-16,036	0	0	0	2,298	3	0	ELSvc2	Combination	0	-51,851	0	0	0	-26,617
3	0,99286	ELSV	Combination	0	-7,348	0	0	0	8,1021	3	0,49643	ELSvc2	Combination	0	-36,958	0	0	0	-4,5731
3	1,48929	ELSV	Combination	0	1,339	0	0	0	9,5936	3	0,99286	ELSvc2	Combination	0	-22,066	0	0	0	10,0775
3	1,98571	ELSV	Combination	0	10,027	0	0	0	6,7723	3	1,48929	ELSvc2	Combination	0	-7,173	0	0	0	17,3349
3	2,48214	ELSV	Combination	0	18,714	0	0	0	-0,3618	3	1,98571	ELSvc2	Combination	0	7,72	0	0	0	17,199
3	2,97857	ELSV	Combination	0	27,402	0	0	0	-11,8085	3	2,48214	ELSvc2	Combination	0	22,613	0	0	0	9,6699
3	3,475	ELSV	Combination	0	36,089	0	0	0	-27,568	3	2,97857	ELSvc2	Combination	0	37,506	0	0	0	-5,2524
3	0	ELSc2	Combination	0	-53,252	0	0	0	-31,485	3	3,475	ELSvc2	Combination	0	52,399	0	0	0	-27,568
3	0,49643	ELSc2	Combination	0	-38,359	0	0	0	-8,7457	3	0	ELSV2	Combination	0	-17,656	0	0	0	-2,9509



3	0,49643	ELSV2	Combination	0	-8,968	0	0	0	3,6575	4	0,44375	ELSV	Combination	0	-23,297	0	0	0	-15,507
3	0,99286	ELSV2	Combination	0	-0,281	0	0	0	5,9532	4	0,8875	ELSV	Combination	0	-15,531	0	0	0	-6,892
3	1,48929	ELSV2	Combination	0	8,407	0	0	0	3,9361	4	1,33125	ELSV	Combination	0	-7,766	0	0	0	-1,723
3	1,98571	ELSV2	Combination	0	17,094	0	0	0	-2,3937	4	1,775	ELSV	Combination	0	8,66E-15	0	0	0	-1,107E-14
3	2,48214	ELSV2	Combination	0	25,782	0	0	0	-13,0362	4	0	ELSc2	Combination	0	-31,063	0	0	0	-27,568
3	2,97857	ELSV2	Combination	0	34,469	0	0	0	-27,9914	4	0,44375	ELSc2	Combination	0	-23,297	0	0	0	-15,507
3	3,475	ELSV2	Combination	0	43,157	0	0	0	-47,2594	4	0,8875	ELSc2	Combination	0	-15,531	0	0	0	-6,892
3	0	ELScasiper	Combination	0	-26,124	0	0	0	-12,6869	4	1,33125	ELSc2	Combination	0	-7,766	0	0	0	-1,723
3	0,49643	ELScasiper	Combination	0	-17,436	0	0	0	-1,8746	4	1,775	ELSc2	Combination	0	1,132E-14	0	0	0	-1,225E-14
3	0,99286	ELScasiper	Combination	0	-8,749	0	0	0	4,625	4	0	ELSvc	Combination	0	-31,063	0	0	0	-27,568
3	1,48929	ELScasiper	Combination	0	-0,061	0	0	0	6,8118	4	0,44375	ELSvc	Combination	0	-23,297	0	0	0	-15,507
3	1,98571	ELScasiper	Combination	0	8,626	0	0	0	4,686	4	0,8875	ELSvc	Combination	0	-15,531	0	0	0	-6,892
3	2,48214	ELScasiper	Combination	0	17,314	0	0	0	-1,7526	4	1,33125	ELSvc	Combination	0	-7,766	0	0	0	-1,723
3	2,97857	ELScasiper	Combination	0	26,001	0	0	0	-12,5039	4	1,775	ELSvc	Combination	0	7,772E-15	0	0	0	-1,038E-14
3	3,475	ELScasiper	Combination	0	34,689	0	0	0	-27,568	4	0	ELSV2c	Combination	0	-31,063	0	0	0	-27,568
4	0	ELS	Combination	0	-53,25	0	0	0	-47,2594	4	0,44375	ELSV2c	Combination	0	-23,297	0	0	0	-15,507
4	0,44375	ELS	Combination	0	-39,938	0	0	0	-26,5834	4	0,8875	ELSV2c	Combination	0	-15,531	0	0	0	-6,892
4	0,8875	ELS	Combination	0	-26,625	0	0	0	-11,8148	4	1,33125	ELSV2c	Combination	0	-7,766	0	0	0	-1,723
4	1,33125	ELS	Combination	0	-13,313	0	0	0	-2,9537	4	1,775	ELSV2c	Combination	0	7,772E-15	0	0	0	-9,492E-15
4	1,775	ELS	Combination	0	2,442E-15	0	0	0	-4,607E-15	4	0	ELSvc2	Combination	0	-31,063	0	0	0	-27,568
4	0	ELSF	Combination	0	-39,938	0	0	0	-35,4445	4	0,44375	ELSvc2	Combination	0	-23,297	0	0	0	-15,507
4	0,44375	ELSF	Combination	0	-29,953	0	0	0	-19,9375	4	0,8875	ELSvc2	Combination	0	-15,531	0	0	0	-6,892
4	0,8875	ELSF	Combination	0	-19,969	0	0	0	-8,8611	4	1,33125	ELSvc2	Combination	0	-7,766	0	0	0	-1,723
4	1,33125	ELSF	Combination	0	-9,984	0	0	0	-2,2153	4	1,775	ELSvc2	Combination	0	4,219E-15	0	0	0	-6,739E-15
4	1,775	ELSF	Combination	0	5,64E-15	0	0	0	-7,538E-15	4	0	ELSV2	Combination	0	-53,25	0	0	0	-47,2594
4	0	ELSc	Combination	0	-31,063	0	0	0	-27,568	4	0,44375	ELSV2	Combination	0	-39,938	0	0	0	-26,5834
4	0,44375	ELSc	Combination	0	-23,297	0	0	0	-15,507	4	0,8875	ELSV2	Combination	0	-26,625	0	0	0	-11,8148
4	0,8875	ELSc	Combination	0	-15,531	0	0	0	-6,892	4	1,33125	ELSV2	Combination	0	-13,313	0	0	0	-2,9537
4	1,33125	ELSc	Combination	0	-7,766	0	0	0	-1,723	4	1,775	ELSV2	Combination	0	5,995E-15	0	0	0	-7,716E-15
4	1,775	ELSc	Combination	0	7,772E-15	0	0	0	-9,492E-15	4	0	ELScasiper	Combination	0	-31,063	0	0	0	-27,568
4	0	ELSV	Combination	0	-31,063	0	0	0	-27,568	4	0,44375	ELScasiper	Combination	0	-23,297	0	0	0	-15,507

4	0,8875	ELScasiper	Combination	0	-15,531	0	0	0	-6,892
4	1,33125	ELScasiper	Combination	0	-7,766	0	0	0	-1,723
4	1,775	ELScasiper	Combination	0	7,772E-15	0	0	0	-9,492E-15
4	0	ELSFc	Combination	0	-31,063	0	0	0	-27,568
4	0,44375	ELSFc	Combination	0	-23,297	0	0	0	-15,507
4	0,8875	ELSFc	Combination	0	-15,531	0	0	0	-6,892
4	1,33125	ELSFc	Combination	0	-7,766	0	0	0	-1,723
4	1,775	ELSFc	Combination	0	7,772E-15	0	0	0	-9,492E-15

Tabla 9. Esfuerzos de la losa para el cálculo de la flexión transversal. ELS característico y ELS casi-permanente

Obtenemos pues que los máximos flectores positivos para las dos combinaciones son:

ELS característico	ELS casi-permanente
Med	Med
19,92 KN·m	6,82 KN·m

Este flector se debe comparar con el momento de fisuración siendo:

Mfisuración
98.84 KN·m
CUMPLE

7.3.2.4. DIMENSIONAMIENTO DE ARMADURA DE LA CARA SUPERIOR

I. Cálculo seccional

Para el dimensionamiento utilizamos el esfuerzo más desfavorable:

	Med (máx negativo)
	-310,66KN·m
Ved concomitante	246,07 KN

Al igual que para el caso anterior la sección se encuentra en zona D(en este caso con curvatura negativa), siendo los valores más representativos y necesarios para hallar la armadura los siguientes:

$M_{1c}(X_{lim})$	1276,75 KN·m
$M_{2c}(X_{lim})$	-101,41 KN·m
$N_c(-\infty)$	0 KN
$M_{1c}(-\infty)$	0 KN·m
$M_{2c}(-\infty)$	0 KN·m
$N_c(\infty)$	18750 KN
$M_{1c}(\infty)$	1668,75 KN·m
$M_{2c}(\infty)$	-1593,75 KN·m
M_{1Ed}	34,76 KN·m
M_{2Ed}	34,76 KN·m

Al realizar el cálculo seccional se obtiene que:

As	0,003579297 m ²
ΔAs	0,000565961 m ²
As + Δas	0,004145258 m ²

- Control de fisuración

$$W_k(N_{qp}, M_{qp}) \leq W_{m\acute{a}x} = 0,4 \quad (\text{por tener un ambiente X0})$$

En este caso la armadura mínima es tal que:

As,min (mecánica)	0,00153449
As,min Control fisuración	0,0021565

Para la comprobación de fisuración se halla el flector más desfavorable para ELS en la combinación casi-permanente y característica. Estos se recogen en la Tabla 10, siendo sus valores máximos los subrayados. A continuación se exponen también:

ELS característico	ELS casi-permanente
Med	Med
-47,26 KN·m	-27,57 KN·m

Se observa que en este caso la armadura a disponer viene impuesta por cálculo:

CARA SUPERIOR DE LA LOSA(TRANSVERSAL)		
As	14 ø20	0,004398 m ²
ø20/18		

II. ELS Limitación de tensiones. Fisuración

Las limitaciones que se realizan son:

- Tensiones de tracción en las armaduras

$$\sigma_{s,m\acute{a}x}(N_{carac}, M_{carac}) \geq -0,8 \cdot f_{yk} = -0,8 \cdot 500 = -400 \text{ MPa}$$

Estos valores se comparan con el momento de fisuración, que al ser menor que el mismo puede decirse que la sección no fisura:

Mfisuración
-98.84 KN·m
CUMPLE

Al ser la sección transversal de la losa de ancho variable; el armado que se ha hallado para el máximo flector negativo es sólo necesario en la zona de apoyos (12 metros de anchura), al tener la sección el máximo voladizo. Mientras que en las secciones centrales al tener menos voladizo, el flector negativo se reduce pudiendo reducirse a si mismo la cuantía de armadura. Por ello la disposición de armado definitiva será:

- ° As(la armadura inferior), viene marcada por mínimos: 17ø12
- ° As (la armadura superior), para el máximo voladizo (a=12m) : 14 ø20; mientras que para (a=9m; a=10,5m) : 11 ø20

Con una luz a salvar de 25 metros necesitamos 10 prelosas de 2,5 metros. Todas ellas vendrán de taller con la armadura correspondiente a la cara inferior (17 ø12); una vez dispuestas en su posición final las 4 prelosas de los extremos se armarán en su cara superior con una armadura de 14 ø20; mientras que las 6 del centro con 11 ø20. En la figura siguiente se aclara la cuantía necesaria:

nº Prelosa	longitud	Armado superior	Armado inferior	Disposición
4	2,5 m	14ø20	17ø12	Zona de apoyo
6	2,5 m	11ø21	17ø12	Zona central

7.3.3. SOLICITACIONES TANGENCIALES.DIMIENSIONAMIENTO DE ARMADURA CORTANTE

En primer lugar aclarar que la losa no necesita armadura de cortante, ni por mínimos.

Por ello a continuación se detalla el cálculo de la armadura de cortante únicamente de la viga:

Para realizar el dimensionamiento tenemos que hallar el máximo cortante que se produce en la viga; en este caso al tratarse de una viga biapoyada se dará en los extremos .

En la Figura 10 se observa este valor:

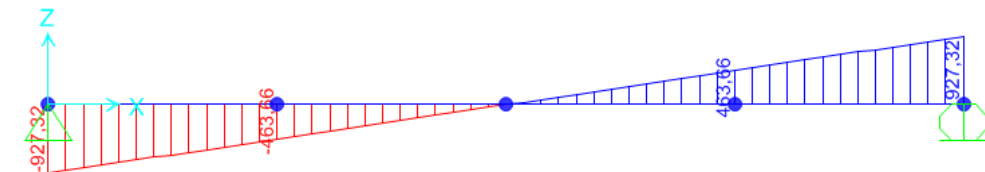


Figura 10.Diagrama de cortante de la viga

$$V_{Ed}(x = 0) = 927,38KN$$

$$V_{Ed}(x = d) = 849,48KN$$

I. Agotamiento por compresiones en el alma

Suponemos que la armadura de cortante está dispuesta de forma vertical por lo que $\alpha=90^\circ$ y la $\cot\theta=1$.

Se debe comprobar que:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,m\acute{a}x} = \alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot b_{w,nom} \cdot z \cdot \frac{\cot \theta + \cot \alpha}{1 + \cot \alpha^2}$$

Siendo:

$b_{w,nom}$: anchura mínima entre los cordones de tensión y compresión

α_{cw} : coeficiente que considera el estado tensional en el cordón de compresión

$$\alpha_{cw} = \begin{cases} \left(1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}\right) & \text{para } 0 < \sigma_{cp} \leq 0,25 f_{cd} \\ 1,25 & \text{para } 0,25 f_{cd} < \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd} \\ 2,5 \left(1 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}}\right) & \text{para } 0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} \leq 1 f_{cd} \end{cases}$$

z: brazo mecánico

v_1 : coeficiente de reducción de la resistencia para hormigón fisurado $v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$

Los resultados obtenidos son:

σ_{cp}	15,30 KN·m
$0,25f_{cd}$	7,5 MPa
$0,5f_{cd}$	15 MPa
α_{cw}	1,22463
v_1	0,492 m
b_w	0,28 m
z	1m
VRd,max	5061,14 KN

Como $V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = 5061,14 \text{ KN}$, la sección resiste por agotamiento por compresión en el alma.

II. Agotamiento por tracción en el alma

En este caso se iguala $V_{Ed}(x=d) = 849,48 \text{ KN}$ a $V_{Rd,s}$; para hallar la cuantía necesaria de armadura de cortante:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

Siendo:

f_{ywd} : el valor de cálculo del límite elástico de la armadura de cortante ($\sim f_{yd}$)

A_{sw} : área de la sección transversa de la armadura de cortante

s : separación entre cercos

z : brazo mecánico

Despejando se obtiene que:

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0,001953 \text{ m}^2$$

III. Armadura mínima de cortante

Se debe comprobar que la armadura hallada sea al menos como la mínima necesaria:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} \geq \rho_{w,min} = \frac{f_{ctm}}{7,5 \cdot f_{yk}}$$

Despejando se obtiene que:

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0,0002834 \text{ m}^2 < 0,001953 \text{ m}^2$$

Por ello nos quedamos con la armadura que nos había salido por cálculo de agotamiento de tracción en el alma.

Teniendo en cuenta el tramo tan estrecho del alma suponemos que los cercos tienen dos ramas y que su diámetro es de $\phi 10$. Con estos datos podemos hallar la separación de cercos:

Armado transversal	
A _{sw} /s	0,00195381m
nº ramas	2
Ø' (mm)	10
Sep. Cercos	0,08 m

Como cumple los requisitos de separación entre cercos damos por bueno el resultado.

Para optimizar más el armado se realiza una envolvente del cortante máximo en cada punto y, a partir de cierta distancia de los apoyos (que es donde se encuentra el cortante máximo) se reduce la armadura de corte.

Para un $V_{Ed} = 650 \text{ kN}$ ya podría reducirse el cortante en una sección central de 10,54 metros. Para estar del lado de la seguridad; a una distancia de un canto útil (d) de este punto se reduce la armadura quedando dispuesta desde centro-vano a 4,72 metros a cada lado:

Armadura de cortante en zona central de 9,44m	
A _{sw} /s	0,00131583 m
nº ramas	2
Ø' (mm)	10
Sep. Cercos	0,12 m

La disposición de los cercos quedaría tal y como se muestra en la Figura 11:

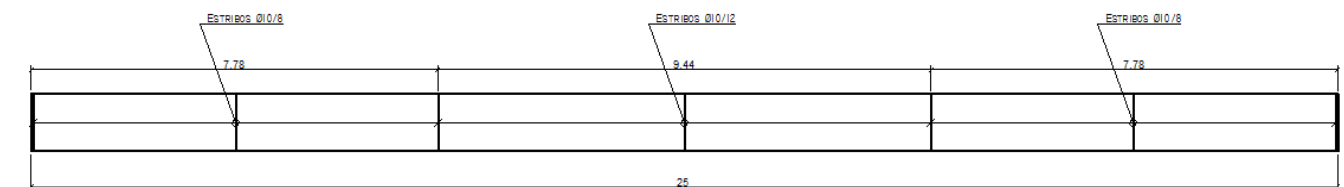


Figura 11. Distribución longitudinal de los cercos de la viga

8. CÁLCULO DE LOS ACCESOS. RAMPAS Y ESCALERAS

En cuanto al funcionamiento estructural, es preferible que las rampas y escaleras sean independientes del tablero por lo que es necesario separarlos y disponer una junta de dilatación entre ellos. Para permitir la conexión de las escaleras y rampas; se realiza un zuncho en el que se dejan armaduras de esperas para conectar directamente con rampas y escaleras. Entre el nombrado zuncho y la losa es donde se coloca la junta de dilatación.

El zuncho se sitúa justo sobre el apoyo izquierdo del tablero para transmitir sus cargas a través de la pila a cimentación.

8.1. CÁLCULO DE LAS RAMPAS

8.1.1. DATOS GEOMÉTRICOS Y MECÁNICOS

Las rampas se disponen a los lados de la escalera, vista la pasarela desde el lado del Recinto ferial; se coloca a la izquierda la rampa lenta y a la derecha la rampa rápida.

Siguiendo la norma, la rampa lenta no debe de superar una pendiente del 6% para que pueda permitirse la circulación de personas minusválidas. Al tener una diferencia de cota de 6,6 metros entre un extremo de la pasarela y el otro; es necesario que la rampa tenga un recorrido mínimo de 110 metros. Se han diseñado las zonas de cambio de dirección con pendiente nula; por lo que finalmente la rampa tiene un recorrido de 135 metros. Su disposición se observa en la Figura 12:

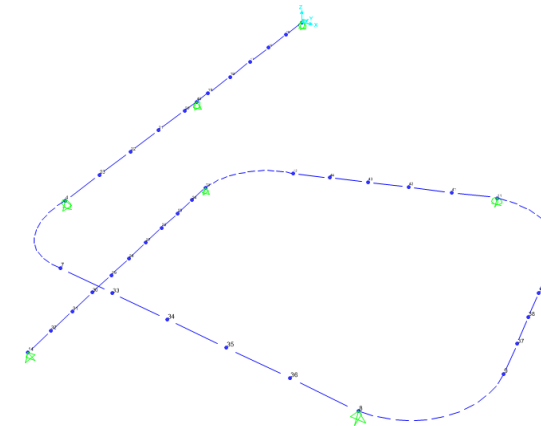


Figura 12. Rampa Lenta

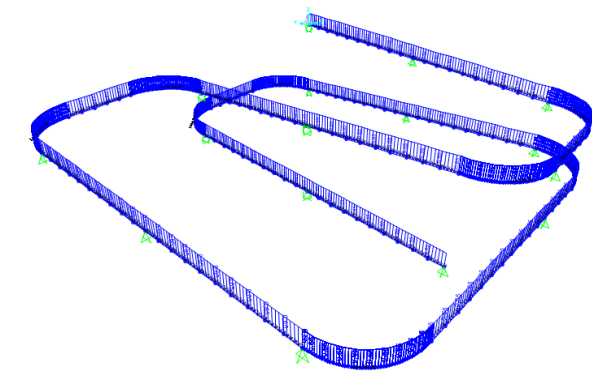


Figura 13. Rampa rápida

La rampa rápida tiene una pendiente del 12% por lo que su recorrido se reduce a la mitad, 67 metros. La disposición de esta rampa se muestra en la Figura 13.

La rampa trabaja como una losa continua a lo largo de todo su recorrido; permitiendo así disminuir los esfuerzos al generarse flexión negativa.

Las rampas están compuestas por losas de 0,25 metros de canto y 3 metros de ancho. Son losas de hormigón armado y sus principales características geométricas y mecánicas se recogen en las siguientes tablas:

Valores de cálculo	
fck	35 MPa
fcd	23,34 MPa
fyk	500 MPa
fyd	434,78 MPa

Losa de escaleras	
canto	0,25 m
ancho	3 m
área	0,75 m ²
Inercia	0,003906 m ⁴
V1	0,125 m
v2	0,125 m

Por lo tanto el recubrimiento nominal y el mecánico quedan definidos por:

8.1.2. RECUBRIMIENTOS

Para hallar el recubrimiento se deben seguir las recomendaciones mínimas del Eurocódigo EC-2:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Siendo c_{min} :

$$\max \left\{ c_{min,dur} + \frac{c_{min,b}}{10mm} \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} \right.$$

Teniendo en cuenta que nos encontramos en un ambiente X0 y que la vida útil es de 100 años,

$c_{min,dur}$:

- $c_{min,dur} = 25mm$

$c_{min,b}$, depende del tamaño máximo del árido (<32mm), y del diámetro de la armadura. Será del mismo valor que el diámetro de la armadura. Por lo tanto:

- Rampa rápida(la armadura traccionada): $c_{min,b} = 25$ mm (suponemos redondos de $\varnothing 25$)
- Rampa rápida(la armadura comprimida): $c_{min,b} = 16$ mm (suponemos redondos de $\varnothing 16$)
- Rampa lenta(la armadura traccionada): $c_{min,b} = 16$ mm (suponemos redondos de $\varnothing 16$)
- Rampa lenta(la armadura comprimida): $c_{min,b} = 16$ mm (suponemos redondos de $\varnothing 16$)

La tolerancia del recubrimiento se considera, $\Delta c_{dev} = 10mm$.

- Rampa rápida (la armadura traccionada):

$$c_{nom} = 25 + 10 = 35mm \quad c_{mec} = c_{nom} + \frac{\varnothing}{2} = 47,5mm$$

- Rampa rápida (la armadura comprimida):

$$c_{nom} = 25 + 10 = 35mm \quad c_{mec} = c_{nom} + \frac{\varnothing}{2} = 43mm$$

- Rampa lenta(la armadura traccionada):

$$c_{nom} = 25 + 10 = 35mm \quad c_{mec} = c_{nom} + \frac{\varnothing}{2} = 43mm$$

- Rampa lenta (la armadura comprimida):

$$c_{nom} = 25 + 10 = 35mm \quad c_{mec} = c_{nom} + \frac{\varnothing}{2} = 43mm$$

8.1.3. DIMENSIONAMIENTO Y LIMITACIÓN DE TENSIONES. RAMPA LENTA

I. Dimensionamiento.ELU Resistente

Para el dimensionamiento de la armadura, en primer lugar tenemos que saber que al tratarse de una losa continua la rampa tiene zonas donde la flexión que predomina es la negativa y zonas en la que predomina la positiva. Por ello se ha dividido la losa en tramos. La rampa se ha dividido en 24 tramos. En la Figura 14 se puede observar la división de la rampa en los diferentes tramos:

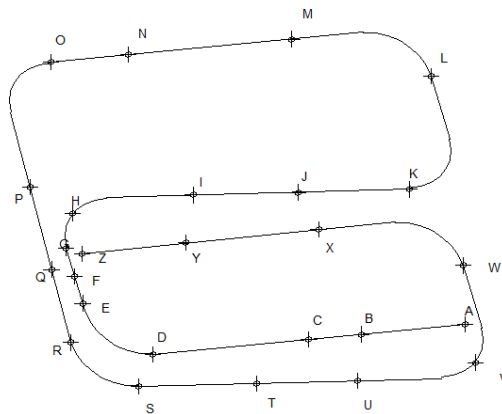


Figura 14. Tramos de la rampa lenta

Esta distribución de los tramos coincide con los puntos en los cuales cambia de signo la flexión (estos puntos son las apoyos y los centros de vano). En los apoyos es donde se da la flexión negativa principalmente y en el centro vano la positiva. Por lo que cada tramo está sometido únicamente a flexión o positiva o negativa.

En la Figura 15 se muestra el diagrama de flexión más desfavorable; sus valores se han obtenido realizando una envolvente de esfuerzos considerando todas las combinaciones posible de carga.

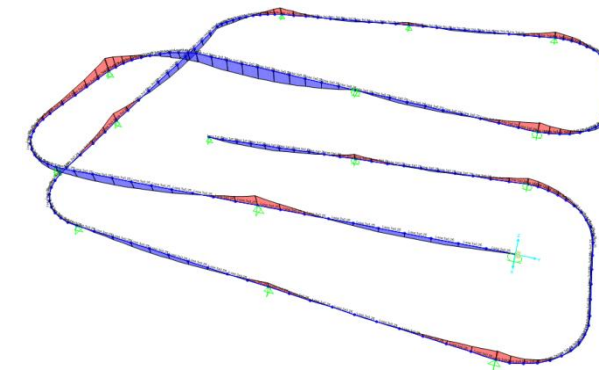


Figura15. Diagrama de flectores de rampa lenta

Para el dimensionamiento se ha realizado el cálculo de 25 secciones que coinciden con los puntos en los que la flexión es máxima. Si tenemos en cuenta los tramos que se han dibujado en la Figura 14; los valores hallados son los de la sección central de cada tramo.

A continuación se detallan en las Tablas 10,11 y 12 los resultados obtenidos al realizar el cálculo seccional, se debe tener en cuenta que dependiendo de si el tramo está sometido a flexión positiva o negativa, estamos hallando el armado de la cara superior o la inferior.

Los cortantes expuestos son los situados a un canto útil del apoyo más solicitado.

Sección	Axil (KN)	Flector (KN·m)	Cortante (KN)	Xlim (m)	M1c (Xlim)	M2c(Xlim)	M1c (x=inf)	M2c (x=inf)
1	0	134,35	76,98	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
2	0	-214,4	120,1	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
3	0	98,96	83,6	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
4	408	-69,8	76,139	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
5	408	127,91	76,139	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155

6	243	-353,61	135,27	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
7	812	285,2	141,8	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
8	196	-232,96	141,8	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
9	0	-63,926	0	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
10	-237	-352,6	159,36	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
11	-237	362	159,36	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
12	0	-487,1	165,5	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
13	0	31,17	75,6	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
14	0	-59,217	75,6	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
15	0	70,57	126,6	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
16	135	-364,3	126,6	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
17	930	252,013	159,5	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
18	0	378,03	159,5	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
19	0	139,01	74,5	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
20	200	-353,88	125	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
21	242,24	127,18	76,139	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
22	0	-59,5	76,139	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
23	0	98,96	120,1	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
24	0	-214,43	120,1	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155
25	0	134,35	76	0,11781992	949,255531	78,3306575	1155	-1155

Tabla 10. Parte1 del cálculo seccional de la rampa lenta

Sección	M1Ed (KN)	M2Ed (KN)	Zona	X (m)
1	134,35	134,35	C	0,0129098
2	214,4	214,4	C	0,0209654
3	98,96	98,96	C	0,00943863
4	96,728	42,872	C	0,00661751

5	154,838	100,982	C	0,01227419
6	369,648	337,572	C	0,03573423
7	338,792	231,608	C	0,02834701
8	245,896	220,024	C	0,02287605
9	63,926	63,926	C	0,00605337
10	336,958	368,242	C	0,03562321
11	346,358	377,642	C	0,03665881
12	487,1	487,1	C	0,05098412
13	31,17	31,17	C	0,00293218
14	59,217	59,217	C	0,00560209
15	70,57	70,57	C	0,00669157
16	373,21	355,39	C	0,03691301
17	313,393	190,633	C	0,02485521
18	378,03	378,03	C	0,03843719
19	139,01	139,01	C	0,01337086
20	367,08	340,68	C	0,03576392
21	143,16784	111,19216	C	0,01220225
22	59,5	59,5	C	0,00562919
23	98,96	98,96	C	0,00943863
24	214,43	214,43	C	0,02096847
25	134,35	134,35	C	0,0129098

Tabla 11. Parte 2 del cálculo seccional

Observandos los datos obtenidos, se puede decir que al estar en zona C, no es necesaria armadura en la cara comprimida por lo que se sacará su valor por mínimos. Al encontrarnos en esta zona de dimensionamiento también podemos decir que la armadura de la cara traccionada está plastificada, por lo que podemos suponer su tensión igual a f_{yd} .

A continuación se calcula la cuantía necesaria de armado para cada sección, al tratarse de una losa no necesita armadura de cortante pero se debe calcular el incremento que supone el cortante en la armadura principal. Los resultados obtenidos son los siguientes:

24	0	0,00270074	0,00297697	15	479,406195	0,00027623
25	0	0,00166278	0,00183758	10	479,406195	0,0001748

Tabla 12. Parte 3 del cálculo seccional. Obtención de la armadura

Sección	As'	As	As+ΔAs	nºredo ø16	VRd,c	ΔAs
1	0	0,00166278	0,00183984	10	479,406195	0,00017705
2	0	0,00270034	0,00297657	15	479,406195	0,00027623
3	0	0,0012157	0,00140798	8	479,406195	0,00019228
4	0	-8,6064E-05	8,9055E-05	1	880,506195	0,00017512
5	0	0,00064252	0,00081763	5	880,506195	0,00017512
6	0	0,00404367	0,00435479	22	880,506195	0,00031112
7	0	0,00178349	0,00210963	10	880,506195	0,00032614
8	0	0,00249564	0,00282178	15	880,506195	0,00032614
9	0	0,00077967	0,00077967	4	479,406195	0
10	0	0,00513337	0,0054999	27	880,506195	0,00036653
11	0	0,00526676	0,00563328	28	880,506195	0,00036653
12	0	0,00656675	0,0069474	34	479,406195	0,00038065
13	0	0,00037766	0,00055154	3	479,406195	0,00017388
14	0	0,00072155	0,00089543	5	479,406195	0,00017388
15	0	0,00086187	0,00115305	6	479,406195	0,00029118
16	0	0,0044439	0,00473508	23	880,506195	0,00029118
17	0	0,00106235	0,0014292	8	880,506195	0,00036685
18	0	0,00495071	0,00531756	27	479,406195	0,00036685
19	0	0,00172217	0,00189352	10	479,406195	0,00017135
20	0	0,00414639	0,00443389	23	880,506195	0,0002875
21	0	0,0010145	0,00118962	6	880,506195	0,00017512
22	0	0,00072504	0,00090016	5	479,406195	0,00017512
23	0	0,0012157	0,00149193	8	479,406195	0,00027623

Una vez obtenida la armadura necesaria por cálculo; hallamos la necesaria por mínimos:

	A _{s,min}	Nº redondos	ø
Mecánica	0,000389333 m ²	2	16
Control fisuración	0,001107437 m ²	6	16

Al comprobar que cumplan separación máxima de 300 mm; se obtiene como resultado que como mínimo se necesitan 10 ø16 para cumplir esta restricción.

Por ello, toda la armadura que nos haya dado una cuantía inferior la elevamos a 10 redondos y para que no haya tantos armados diferentes se agrupan los más próximos; siendo finalmente la armadura a disponer para cada tramo de:

nº secciones	1-3-4-5-7-9-13-14-15-17-19-21-22-23-25	2-8 24	11	6-16-20	10-18	12
Arm. Sup	10ø16	15ø16	10ø16	23ø16	27ø16	34ø16
Arm. Inf	10ø16	10ø16	28ø16	10ø16	10ø16	10ø16

Esta armadura al ser variable en cada sección para la unión entre secciones deberá prolongarse una longitud igual a la longitud de solapo requerida para ø16.

Esta longitud de solapo viene marcada por :

$$l_0 = \beta \cdot l_{b,rqd} \quad \text{no menor a} \quad l_{0,min}$$

Siendo:

$$l_{0,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 15 \cdot \phi \\ 200 \text{ mm} \\ 0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \end{array} \right.$$

Del lado de la seguridad tomamos el valor de $\alpha_6 = 1,5$

$l_{b,rqd}$, es la longitud básica requerida de anclaje que depende de la tensión de cálculo de la barra en la posición a partir de la cual se mide el anclaje ($\sigma_{b,rqd}$) y de la resistencia del acero f_{yd} .

La relación:

$$\frac{\sigma_{sd}}{f_{yd}} = \frac{A_{s,necesaria}}{A_{s,real}}$$

Por lo tanto a partir de este valor podemos hallar la longitud básica requerida de anclaje, que se define como:

$$l_{b,rqd} = l_b \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{yd}}$$

Considerando condiciones de adherencia buenas obtenemos los valores de la longitud de solapo de dos de las armaduras, que nos darán un intervalo en el que debe estar comprendida la longitud de solapo de la armadura:

Para el caso 12 (máxima armadura necesario):

Arm. Necesaria	Armadura real		
m2	m2	ϕ (mm)	Nº redondos
0,0065667	0,006836	16	34

Longitud básica requerida de anclaje	$l_{b,rqd}$	495,66 mm
--------------------------------------	-------------	-----------

β	1,5
$l_{0,min}$	240
Longitud de solapo l_0	743,49 mm

Para el caso 3 (armadura sobredimensionada para que cumpla mínimos:

Arm. Necesaria	Armadura real		
m2	m2	ϕ (mm)	Nº redondos
0,000377	0,0020107	16	10

Longitud básica requerida de anclaje	$l_{b,rqd}$	96,75mm
--------------------------------------	-------------	---------

β	1,5
$l_{0,min}$	240
Longitud de solapo l_0	240 mm

Por tanto la longitud de solapo para las secciones muy solicitadas llegará a un valor de 800mm aproximadamente y las que cumplan por mínimos de 240mm.

Al tratarse de una losa no es necesaria armadura de cortante pero lo que sí que necesita es armadura transversal (en dirección perpendicular a la principal). Esta cuantía de armado se suele aproximar al 20% de la armadura principal.

Consideramos la armadura máxima para realizarlo, $34 \phi 16 = 0,006836 \text{ m}^2$

$$\frac{A_s}{m} = \frac{0,006836}{3} = 0,002278 \text{ m}^2$$

$$20\% \cdot A_s = 0,0004557 \text{ m}^2 \rightarrow 3\phi 16 \text{ (sep: 0,47 m)}$$

Como no cumple separación, se debe aumentar la armadura a 5 $\varnothing 16$ por cada metro de losa.

Al no disponer de armadura de cortante lo que se hace es colocar la armadura transversal envolviendo a la principal y anclándola en sus extremos formando una jaula de armado.

II. Limitación de tensiones. ELS Fisuración

Para el cálculo de control de fisuración se deben obtener los esfuerzos para la combinación característica y casi-permanente de ELS.

Se debe verificar que para los esfuerzos de la combinación característica no se superen las tensiones máximas del hormigón y del acero. En cuanto a la combinación casi-permanente debemos comprobar que la sección no fisure, y en su caso, si fisura; comprobar que la abertura de fisura no supera a la máxima. Estas limitaciones se detallan a continuación:

- ° Tensiones de tracción en las armaduras

$$\sigma_{s,m\acute{a}x}(N_{carac}, M_{carac}) \geq -0,8 \cdot f_{yk} = -0,8 \cdot 500 = -400 \text{ MPa}$$

- Control de fisuración

$$W_k(N_{qp}, M_{qp}) \leq W_{m\acute{a}x} = 0,4 \quad (\text{por tener un ambiente X0})$$

Una vez realizada la comprobación en todas las secciones analizadas, se verifica que se cumplen todas las limitaciones exigidas, tanto de abertura de fisura como de limitación de tensiones.

8.1.4. DIMENSIONAMIENTO Y LIMITACIÓN DE TENSIONES. RAMPA RÁPIDA

I. Dimensionamiento. ELU Resistente

Una vez realizado el cálculo de la rampa lenta, para el caso de la rampa rápida se debe proceder del mismo modo. En este caso al tener menos recorrido, también se tienen menos tramos un total de 10. Estos tramos diferencian las zonas de flexión positiva y la de flexión negativa. En la Figura 16 se pueden observar los mismos:

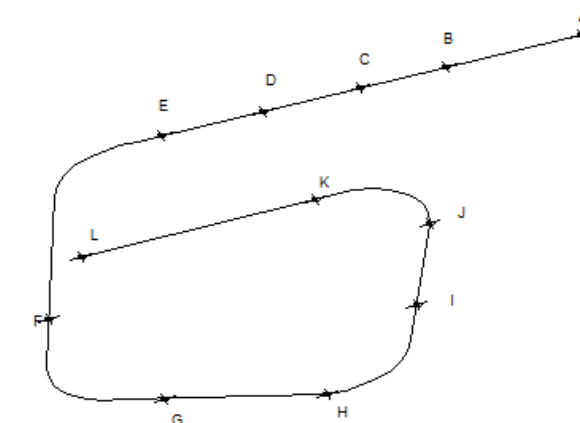


Figura 16. Tramos de la rampa rápida

A continuación se expone en la Figura 17 el diagrama de flectores, para así comprender mejor la separación en tramos de la losa de la rampa:

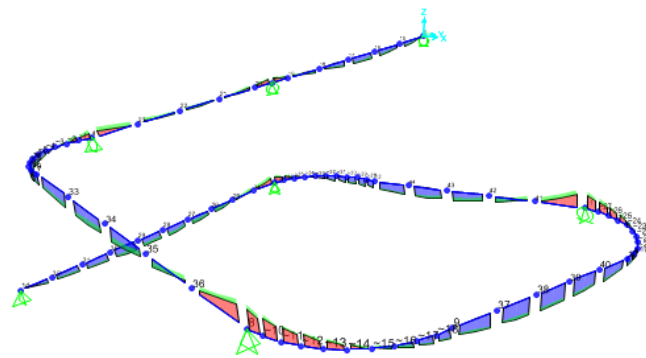


Figura 17. Diagrama de flectores de la rampa rápida

Una vez tenemos los esfuerzos más desfavorables para las diferentes hipótesis de carga podemos comenzar el cálculo seccional. Recordar que las secciones que se analizan son los que tienen máximos valores flectores. En el caso de estar analizando la flexión positiva lo que hallaremos será el armado de la cara inferior; mientras que si analizamos la flexión negativa será el armado de la superior.

Para comenzar recordar que hemos supuesto que la cara traccionada se armará con redondos del 25mm; y la cara comprimida con redondos de 16mm.

A continuación se muestran los resultados que da el cálculo seccional en las Tablas 13, 14 y 15. Los flectores de cálculo son los máximos mientras que los esfuerzos cortantes son los existentes a un canto útil del apoyo dónde se produce el máximo.

Sección	Axil (KN)	Flector (KN·m)	Cortante (KN)	Xlim (m)	M1c (Xlim)	M2c(Xlim)	M1c (x=inf)	M2c (x=inf)
1	-15	255,65	173,55	0,11504406	905,053129	112,629635	1076,25	-1076,25
2	21,5	-246,5	173,55	0,11504406	905,053129	112,629635	1076,25	-1076,25
3	-16,5	-121,85	120,05	0,11504406	905,053129	112,629635	1076,25	-1076,25
4	0	-290	-172,7	0,11504406	905,053129	112,629635	1076,25	-1076,25
5	994,8	372,9	155,1	0,11504406	905,053129	112,629635	1076,25	-1076,25
6	-253	-848,4	309,34	0,11504406	905,053129	112,629635	1076,25	-1076,25
7	-56	468,93	302,9	0,11504406	905,053129	112,629635	1076,25	-1076,25
8	253	-837	302,9	0,11504406	905,053129	112,629635	1076,25	-1076,25
9	255	700	297,6	0,11504406	905,053129	112,629635	1076,25	-1076,25
10	-20	-574	297,6	0,11504406	905,053129	112,629635	1076,25	-1076,25
11	-17	428	297,6	0,11504406	905,053129	112,629635	1076,25	-1076,25

Tabla 13. Parte1 del cálculo seccional de la rampa rápida

A continuación se determina la zona de dimensionamiento y se calcula la posición de la fibra neutra:

Sección	M1Ed	M2Ed	Zona	X
1	254,7275	256,5725	C	0,02591902
2	247,82225	245,17775	C	0,02493566
3	120,83525	122,86475	C	0,01197452
4	290	290	C	0,02965304
5	434,0802	311,7198	C	0,03896027
6	832,8405	863,9595	C	0,10478068
7	465,486	472,374	C	0,05033307
8	852,5595	821,4405	C	0,10281309
9	715,6825	684,3175	C	0,08114715
10	572,77	575,23	C	0,06364855
11	426,9545	429,0455	C	0,04540147

Tabla 14. Parte 2 del cálculo seccional de la rampa rápida

Al ser la zona de dimensionamiento C, implica que no es necesaria armadura en la cara comprimida y solo hay que hallar la armadura en la cara traccionada. Esta armadura ya ha plastificado por lo que podemos igualar su tensión a f_{yd} . La armadura en la cara traccionada vendrá determinada por mínimos.

Al comprobar que la armadura debe estar separada como máximo 300 mm, se obtiene que como mínimo en la cara comprimida necesitamos 10 $\emptyset 16$ (sep: 0,3m) y en la cara traccionada 10 $\emptyset 25$ (sep: 0,29m). Igual que para la rampa lenta intentamos agrupar los casos de armado para facilitar su puesta en obra.

La armadura necesaria por cálculo de la cara traccionada viene determinada por:

Sección	As' (m ²)	As (m ²)	As+ΔAs (m ²)	nºredo. $\emptyset 25$	VRd,c (kN)	ΔAs (m ²)
1	0	0,00337287	0,00377203	8	859,761285	0,00039917
2	0	0,00316226	0,00356143	8	859,761285	0,00039917
3	0	0,00158027	0,00185638	4	859,761285	0,00027612
4	0	0,00381931	0,0034221	7	468,111285	0,00039721
5	0	0,00273004	0,00308677	7	859,761285	0,00035673
6	0	0,01407765	0,01478913	30	945,05619	0,00071148
7	0	0,0066117	0,00730837	15	859,761285	0,00069667
8	0	0,01266043	0,0133571	28	945,05619	0,00069667
9	0	0,00986525	0,01054973	21	922,294173	0,00068448
10	0	0,00824393	0,00892841	18	891,468295	0,00068448
11	0	0,00588681	0,00657129	14	859,761285	0,00068448

Tabla 15. Parte 3 del cálculo seccional. Obtención de la armadura

Se debe comprobar que sea mayor a la armadura mínima:

	A _{s,min}	Nº redondos	∅
Mecánica	0,000389333 m ²	1	25
Control fisuración	0,001107437 m ²	3	25

Por tanto la armadura final en cada tramo será:

nº secciones	2-3-4	1-5	6-8	7-11	9	10
Arm. Sup	10 $\emptyset 25$	10 $\emptyset 16$	30 $\emptyset 25$	10 $\emptyset 16$	10 $\emptyset 16$	18 $\emptyset 25$
Arm. Inf	10 $\emptyset 16$	10 $\emptyset 25$	10 $\emptyset 16$	15 $\emptyset 25$	21 $\emptyset 25$	10 $\emptyset 16$

Al tratarse de una losa no es necesaria armadura de cortante pero lo que sí que necesita es armadura transversal. Esta cuantía de armado se suele aproximar al 20% de la armadura principal.

Consideramos la armadura máxima para realizarlo, 30 $\emptyset 25$ = 0,01472 m²

$$\frac{A_s}{m} = \frac{0,01472}{3} = 0,004908 \text{ m}^2$$

$$20\% \cdot A_s = 0,000981 \rightarrow 5\emptyset 16$$

Por tanto la armadura a disponer en transversal será de 5 $\emptyset 16$ por metro de losa. Ésta se dispondrá envolviendo a la principal al no disponer de cercos de cortante.



Al igual que para el caso anterior es necesaria hayar la longitud de solapo necesaria para la transición de los distintos tramos de armados.

Como se ha detallado anteriormente: Esta longitud de solapo viene marcada por :

$$l_0 = \beta \cdot l_{b,rqd} \quad \text{no menor a} \quad l_{0,min}$$

Siendo:

$$l_{0,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 15 \cdot \phi \\ 200 \text{ mm} \\ 0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \end{array} \right.$$

Por lo tanto sabiendo que para la armadura que cumple por mínimos de separación se cumplirá que la longitud de solapo es iguala a:

β	1,5
$l_{0,min}$	240
Longitud de solapo l_0	240 mm

Hallamos un ejemplo de la sección más solicitada que marcara la long de solapo mayor:

Para el caso 6:

Arm. Necesaria	Armadura real		
m2	m2	ϕ (mm)	Nº redondos
0,014077	0,014726	25	30

Longitud básica requerida de anclaje	$l_{b,rqd}$	770,69 mm
--------------------------------------	-------------	-----------

β	1,5
$l_{0,min}$	375
Longitud de solapo l_0	1156,04 mm

Se observa que al tener redondos de mayor diámetro que en la rampa lenta, las longitudes tanto de anclaje como de solapo aumentan.

Por tanto la longitud de solapo para las secciones muy solicitadas llegarán a un valor de 1200 mm aproximadamente y las que cumplan por mínimos de 240 mm.

II. Limitación de tensiones. ELS Fisuración

Para el cálculo de control de fisuración se deben obtener los esfuerzos para la combinación característica y casi permanente de ELS.

Se debe verificar que para los esfuerzos de la combinación característica no se superen las tensiones máximas del hormigón y del acero. En cuanto a la combinación casi-permanente debemos comprobar que la sección no fisure, y en su caso, si fisura; comprobar que la abertura de fisura no supera a la máxima. Estas limitaciones se detallan a continuación:

- Tensiones de tracción en las armaduras

$$\sigma_{s,m\acute{a}x}(N_{carac}, M_{carac}) \geq -0,8 \cdot f_{yk} = -0,8 \cdot 500 = -400 \text{ MPa}$$

- Control de fisuración

$$W_k(N_{qp}, M_{qp}) \leq W_{m\acute{a}x} = 0,4 \quad (\text{por tener un ambiente X0})$$

Tras haber realizado esta comprobación afirmamos que pese a que las secciones más solicitadas fisuran, siempre se cumplen las limitaciones exigidas por fisuración.

La escalera está compuesta por una losa de sección 4,9 x 0,25 metros. Sus dimensiones en la otra dirección se observan en la siguiente Figura 18.

8.2. CÁLCULO DE LAS ESCALERAS

8.2.1. DATOS GEOMETRICOS Y MECÁNICOS

La escalera se dispone en prolongación del tablero en la zona central, situándose en sus extremos las dos rampas.

La sección longitudinal con sus dimensiones se observan en la Figura 18.

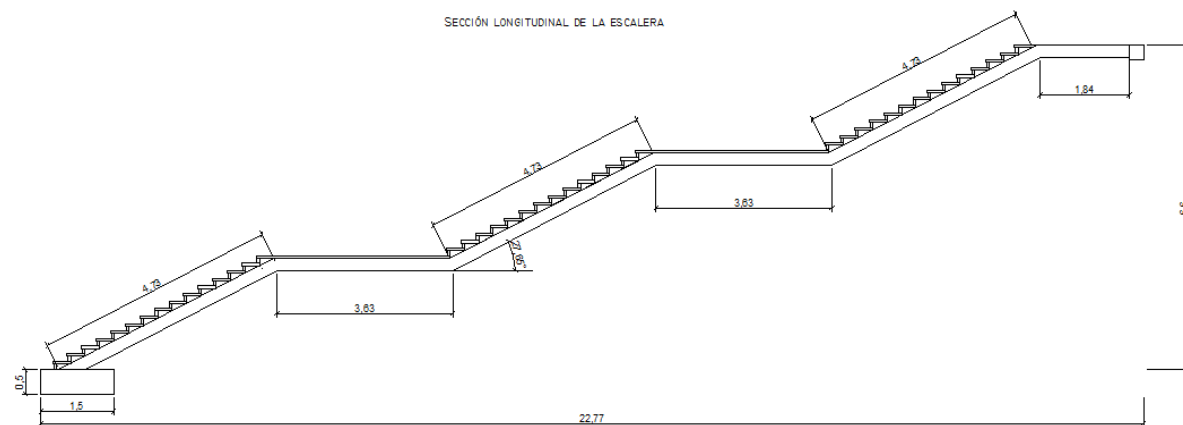


Figura 18. Sección longitudinal de escalera

La losa será de HA y sus principales características mecánicas son:

Losa de escaleras	
canto	0,25 m
ancho	4,9 m
área	1,225 m ²
Inercia	0,00638021 m ⁴
V1	0,125 m
v2	0,125 m

Valores de cálculo	
fck	35 MPa
fcd	23,34 MPa
fyk	500 MPa
fyd	434,78 MPa

8.2.2. RECUBRIMIENTOS

Siguiendo la norma EC-2 se presentan las siguientes limitaciones de recubrimiento nominal:

$$c_{nom} = c_{mín} + \Delta c_{dev}$$

Siendo $c_{mín}$:

$$\max \left\{ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}, c_{min,b}, 10mm \right\}$$

Teniendo en cuenta que nos encontramos en un ambiente X0 y que la vida útil es de 100 años,

$c_{min,dur}$:

- $c_{min,dur} = 25mm$

$c_{min,b}$, depende del tamaño máximo del árido ($<32mm$), y del diámetro de la armadura. Será del mismo valor que el diámetro de la armadura. Por lo tanto:

- $c_{min,b} = 20 mm$ (suponemos redondos de $\phi 12$)

La tolerancia del recubrimiento se considera, $\Delta c_{dev} = 10mm$.

Por lo tanto el recubrimiento nominal y el mecánico quedan definidos por:

$$c_{nom} = 25 + 10 = 35mm \quad c_{mec} = c_{nom} + \frac{\phi}{2} = 41mm$$

En la siguiente tabla se muestran los datos relacionados con la posición de armaduras:

Posición armadura pasiva	
rnom	0,035 m
rmec	0,041 m
rnom'	0,035 m
rmec'	0,041 m
d	0,209 m
d'	0,041 m
ϕ (mm)	12 m
ϕ' (mm)	12 m

8.2.3. DIMENSIONAMIENTO Y CONTROL DE FISURACIÓN

Se debe hallar el flector más desfavorable para el cálculo de la armadura. Se han realizado distintas hipótesis de cargas donde se ha ido cambiando la posición de la sobrecarga de uso:

- ELU 1: PP + CM +SC en toda la sección longitudinal de la escalera
- ELU 2: PP + CM +SC en la mitad inferior (dos rellanos y un tramo de escaleras)
- ELU 3: PP + CM +SC en la mitad superior (dos rellanos y un tramo de escaleras)

La zona de rellanos la flexión negativa es la más importante; por lo que se dimensionará teniendo en cuenta el valor del máximo flector negativo. Por ello la cara superior estará más armada que la inferior.

En cambio, la zona de escalones esta solicitada principalmente por flexión positiva; por lo que se dimensionará con el valor del máximo flector positivo.

En la Figura 19 se observa el diagrama de flectores de la escalera:

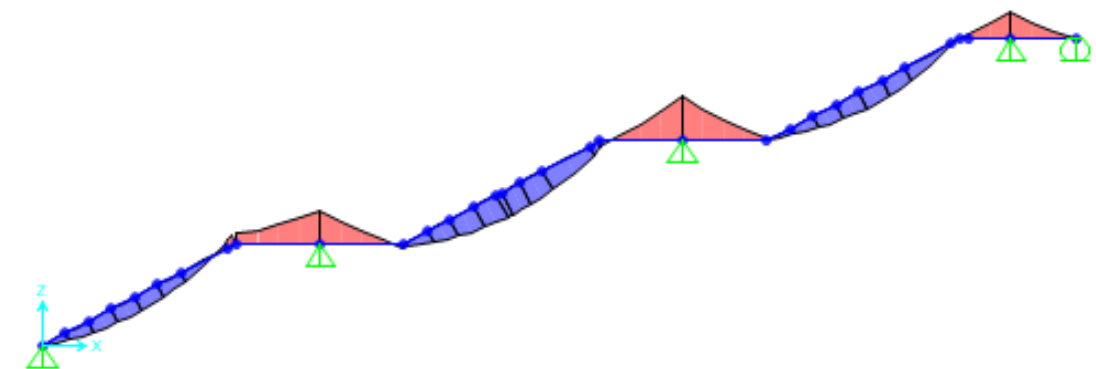


Figura 19. Diagrama de flectores



Estos valores

se han obtenido en SAP al realizar todas las combinaciones que se han nombrado. El listado de esfuerzos se presentan a continuación (Tabla 16); subrayando tanto para la zona de rellanos como para zona de escalones; los axiles y momentos más desfavorable. Para el caso del flector en la zona de rellano será el máximo negativo; mientras que para la zona en rampa será el máximo positivo. Los axiles más desfavorables serán los de tracción (positivos en las tablas).

Comentar que estos valores se han obtenido teniendo en cuenta una anchura de tablero igual a la mitad del real; es decir 2,45 metros.

Se ha subrayado en azul los flectores máximos y en naranja los axiles máximos.

TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	0	ELU1	Combination	-271,416	-105,225	0	0	0	0
1	0,28201	ELU1	Combination	-263,974	-90,967	0	0	0	27,6641
1	0,56402	ELU1	Combination	-256,531	-76,71	0	0	0	51,3074
1	0	ELU2	Combination	-263,362	-105,342	0	0	0	0
1	0,28201	ELU2	Combination	-255,92	-91,085	0	0	0	27,6973
1	0,56402	ELU2	Combination	-248,477	-76,827	0	0	0	51,3738
1	0	ELU3	Combination	-198,941	-74,533	0	0	0	-3,777E-14
1	0,28201	ELU3	Combination	-193,657	-64,41	0	0	0	19,5918
1	0,56402	ELU3	Combination	-188,373	-54,287	0	0	0	36,3287
2	0	ELU1	Combination	-191,915	51,519	0	0	0	-70,7004
2	0,45375	ELU1	Combination	-191,915	70,257	0	0	0	-98,3283
2	0,9075	ELU1	Combination	-191,915	88,995	0	0	0	-134,4588
2	1,36125	ELU1	Combination	-191,915	107,734	0	0	0	-179,0917
2	1,815	ELU1	Combination	-191,915	126,472	0	0	0	-232,2271
2	0	ELU2	Combination	-184,721	55,142	0	0	0	-70,0884
2	0,45375	ELU2	Combination	-184,721	73,88	0	0	0	-99,3601
2	0,9075	ELU2	Combination	-184,721	92,618	0	0	0	-137,1343
2	1,36125	ELU2	Combination	-184,721	111,356	0	0	0	-183,4111

2	1,815	ELU2	Combination	-184,721	130,095	0	0	0	-238,1903
2	0	ELU3	Combination	-141,87	33,855	0	0	0	-51,0869
2	0,45375	ELU3	Combination	-141,87	45,089	0	0	0	-68,9972
2	0,9075	ELU3	Combination	-141,87	56,323	0	0	0	-92,0051
2	1,36125	ELU3	Combination	-141,87	67,558	0	0	0	-120,1107
2	1,815	ELU3	Combination	-141,87	78,792	0	0	0	-153,3138
3	0	ELU1	Combination	59,891	-182,249	0	0	0	-232,2271
3	0,45375	ELU1	Combination	59,891	-163,511	0	0	0	-153,7828
3	0,9075	ELU1	Combination	59,891	-144,773	0	0	0	-83,841
3	1,36125	ELU1	Combination	59,891	-126,034	0	0	0	-22,4016
3	1,815	ELU1	Combination	59,891	-107,296	0	0	0	30,5352
3	0	ELU2	Combination	47,202	-187,7	0	0	0	-238,1903
3	0,45375	ELU2	Combination	47,202	-168,962	0	0	0	-157,2727
3	0,9075	ELU2	Combination	47,202	-150,223	0	0	0	-84,8576
3	1,36125	ELU2	Combination	47,202	-131,485	0	0	0	-20,945
3	1,815	ELU2	Combination	47,202	-112,747	0	0	0	34,4651
3	0	ELU3	Combination	54,719	-115,898	0	0	0	-153,3138
3	0,45375	ELU3	Combination	54,719	-104,664	0	0	0	-103,2737
3	0,9075	ELU3	Combination	54,719	-93,43	0	0	0	-58,3312
3	1,36125	ELU3	Combination	54,719	-82,195	0	0	0	-18,4862
3	1,815	ELU3	Combination	54,719	-70,961	0	0	0	16,2611
4	0	ELU1	Combination	-256,651	-76,307	0	0	0	51,3074
4	0,28224	ELU1	Combination	-249,18	-62,049	0	0	0	70,8324
4	0,56449	ELU1	Combination	-241,71	-47,792	0	0	0	86,3333
4	0	ELU2	Combination	-248,598	-76,437	0	0	0	51,3738
4	0,28224	ELU2	Combination	-241,127	-62,179	0	0	0	70,9355
4	0,56449	ELU2	Combination	-233,656	-47,922	0	0	0	86,4732
4	0	ELU3	Combination	-188,458	-53,991	0	0	0	36,3287
4	0,28224	ELU3	Combination	-183,153	-43,868	0	0	0	50,1387
4	0,56449	ELU3	Combination	-177,849	-33,745	0	0	0	61,0915
5	0	ELU1	Combination	-241,71	-47,792	0	0	0	86,3333



5	0,28224	ELU1	Combination	-234,239	-33,534	0	0	0	97,8101	7	1,36125	ELU2	Combination	-72,218	-141,076	0	0	0	-67,8665
5	0,56449	ELU1	Combination	-226,768	-19,277	0	0	0	105,2628	7	1,815	ELU2	Combination	-72,218	-129,842	0	0	0	-6,4021
5	0	ELU2	Combination	-233,656	-47,922	0	0	0	86,4732	7	0	ELU3	Combination	93,381	-166,931	0	0	0	-256,1372
5	0,28224	ELU2	Combination	-226,185	-33,664	0	0	0	97,9868	7	0,45375	ELU3	Combination	93,381	-148,192	0	0	0	-184,6437
5	0,56449	ELU2	Combination	-218,714	-19,407	0	0	0	105,4763	7	0,9075	ELU3	Combination	93,381	-129,454	0	0	0	-121,6527
5	0	ELU3	Combination	-177,849	-33,745	0	0	0	61,0915	7	1,36125	ELU3	Combination	93,381	-110,716	0	0	0	-67,1642
5	0,28224	ELU3	Combination	-172,544	-23,622	0	0	0	69,1871	7	1,815	ELU3	Combination	93,381	-91,977	0	0	0	-21,1782
5	0,56449	ELU3	Combination	-167,24	-13,499	0	0	0	74,4256	8	0	ELU1	Combination	-226,768	-19,277	0	0	0	105,2628
6	0	ELU1	Combination	59,891	163,101	0	0	0	45,1608	8	0,28224	ELU1	Combination	-219,297	-5,019	0	0	0	108,6915
6	0,45375	ELU1	Combination	59,891	181,839	0	0	0	-33,0973	8	0,56449	ELU1	Combination	-211,826	9,238	0	0	0	108,0961
6	0,9075	ELU1	Combination	59,891	200,577	0	0	0	-119,858	8	0	ELU2	Combination	-218,714	-19,407	0	0	0	105,4763
6	1,36125	ELU1	Combination	59,891	219,315	0	0	0	-215,1211	8	0,28224	ELU2	Combination	-211,243	-5,149	0	0	0	108,9417
6	1,815	ELU1	Combination	59,891	238,054	0	0	0	-318,8867	8	0,56449	ELU2	Combination	-203,772	9,108	0	0	0	108,3831
6	0	ELU2	Combination	47,202	157,65	0	0	0	44,0697	8	0	ELU3	Combination	-167,24	-13,499	0	0	0	74,4256
6	0,45375	ELU2	Combination	47,202	168,884	0	0	0	-30,0127	8	0,28224	ELU3	Combination	-161,935	-3,375	0	0	0	76,8069
6	0,9075	ELU2	Combination	47,202	180,119	0	0	0	-109,1927	8	0,56449	ELU3	Combination	-156,631	6,748	0	0	0	76,331
6	1,36125	ELU2	Combination	47,202	191,353	0	0	0	-193,4703	9	0	ELU1	Combination	12,804	140,897	0	0	0	-11,5288
6	1,815	ELU2	Combination	47,202	202,587	0	0	0	-282,8456	9	0,2	ELU1	Combination	12,804	149,156	0	0	0	-40,5341
6	0	ELU3	Combination	54,719	121,026	0	0	0	31,5456	9	0,2	ELU1	Combination	12,804	149,156	0	0	0	-40,5341
6	0,45375	ELU3	Combination	54,719	139,765	0	0	0	-27,6213	9	0,65	ELU1	Combination	12,804	167,739	0	0	0	-111,8355
6	0,9075	ELU3	Combination	54,719	158,503	0	0	0	-95,2908	9	1,1	ELU1	Combination	12,804	186,323	0	0	0	-191,4995
6	1,36125	ELU3	Combination	54,719	177,241	0	0	0	-171,4627	9	0	ELU2	Combination	-72,218	62,145	0	0	0	-23,0777
6	1,815	ELU3	Combination	54,719	195,979	0	0	0	-256,1372	9	0,2	ELU2	Combination	-72,218	67,097	0	0	0	-36,002
7	0	ELU1	Combination	12,804	-204,453	0	0	0	-318,8867	9	0,2	ELU2	Combination	-72,218	67,097	0	0	0	-36,002
7	0,45375	ELU1	Combination	12,804	-185,715	0	0	0	-230,3674	9	0,65	ELU2	Combination	-72,218	78,239	0	0	0	-68,7026
7	0,9075	ELU1	Combination	12,804	-166,977	0	0	0	-150,3505	9	1,1	ELU2	Combination	-72,218	89,38	0	0	0	-106,4169
7	1,36125	ELU1	Combination	12,804	-148,238	0	0	0	-78,8362	9	0	ELU3	Combination	93,381	178,419	0	0	0	2,7917
7	1,815	ELU1	Combination	12,804	-129,5	0	0	0	-15,8243	9	0,2	ELU3	Combination	93,381	186,678	0	0	0	-33,7181
7	0	ELU2	Combination	-72,218	-174,779	0	0	0	-282,8456	9	0,2	ELU3	Combination	93,381	186,678	0	0	0	-33,7181
7	0,45375	ELU2	Combination	-72,218	-163,545	0	0	0	-206,0883	9	0,65	ELU3	Combination	93,381	205,262	0	0	0	-121,9046
7	0,9075	ELU2	Combination	-72,218	-152,31	0	0	0	-134,4286	9	1,1	ELU3	Combination	93,381	223,845	0	0	0	-218,4538



10	0	ELU1	Combination	0	-165,693	0	0	0	-191,4995	13	0,56449	ELU1	Combination	-167	94,783	0	0	0	20,0182
10	0,46667	ELU1	Combination	0	-146,421	0	0	0	-118,6728	13	1,12897	ELU1	Combination	-152,058	123,298	0	0	0	-41,5337
10	0,93333	ELU1	Combination	0	-127,149	0	0	0	-54,8397	13	0	ELU2	Combination	-173,888	66,138	0	0	0	65,9078
10	1,4	ELU1	Combination	0	-107,878	0	0	0	-1,971E-14	13	0,56449	ELU2	Combination	-158,946	94,653	0	0	0	20,5257
10	0	ELU2	Combination	0	-93,343	0	0	0	-106,4169	13	1,12897	ELU2	Combination	-144,005	123,168	0	0	0	-40,9526
10	0,46667	ELU2	Combination	0	-81,789	0	0	0	-65,5527	13	0	ELU3	Combination	-135,413	47,24	0	0	0	45,8557
10	0,93333	ELU2	Combination	0	-70,235	0	0	0	-30,0803	13	0,56449	ELU3	Combination	-124,804	67,486	0	0	0	13,475
10	1,4	ELU2	Combination	0	-58,681	0	0	0	-2,271E-14	13	1,12897	ELU3	Combination	-114,195	87,733	0	0	0	-30,3344
10	0	ELU3	Combination	0	-184,946	0	0	0	-218,4538	14	0	ELU1	Combination	-151,962	123,417	0	0	0	-41,5337
10	0,46667	ELU3	Combination	0	-165,674	0	0	0	-136,6424	14	0,11294	ELU1	Combination	-148,968	129,12	0	0	0	-55,795
10	0,93333	ELU3	Combination	0	-146,403	0	0	0	-63,8245	14	0,22589	ELU1	Combination	-145,974	134,823	0	0	0	-70,7004
10	1,4	ELU3	Combination	0	-127,131	0	0	0	-5,246E-16	14	0	ELU2	Combination	-143,908	123,281	0	0	0	-40,9526
11	0	ELU1	Combination	-211,826	9,238	0	0	0	108,0961	14	0,11294	ELU2	Combination	-140,914	128,984	0	0	0	-55,1984
11	0,28224	ELU1	Combination	-204,355	23,496	0	0	0	103,4766	14	0,22589	ELU2	Combination	-137,92	134,687	0	0	0	-70,0884
11	0,56449	ELU1	Combination	-196,884	37,753	0	0	0	94,8331	14	0	ELU3	Combination	-114,126	87,822	0	0	0	-30,3344
11	0	ELU2	Combination	-203,772	9,108	0	0	0	108,3831	14	0,11294	ELU3	Combination	-112	91,871	0	0	0	-40,482
11	0,28224	ELU2	Combination	-196,301	23,365	0	0	0	103,8004	14	0,22589	ELU3	Combination	-109,874	95,921	0	0	0	-51,0869
11	0,56449	ELU2	Combination	-188,83	37,623	0	0	0	95,1936	15	0	ELU1	Combination	3,442	-122,831	0	0	0	30,5352
11	0	ELU3	Combination	-156,631	6,748	0	0	0	76,331	15	0,28201	ELU1	Combination	10,884	-108,574	0	0	0	63,1646
11	0,28224	ELU3	Combination	-151,326	16,871	0	0	0	72,998	15	0,56402	ELU1	Combination	18,326	-94,316	0	0	0	91,7732
11	0,56449	ELU3	Combination	-146,022	26,994	0	0	0	66,8077	15	0	ELU2	Combination	-10,329	-121,792	0	0	0	34,4651
12	0	ELU1	Combination	-196,884	37,753	0	0	0	94,8331	15	0,28201	ELU2	Combination	-2,886	-107,534	0	0	0	66,8014
12	0,28224	ELU1	Combination	-189,413	52,011	0	0	0	82,1655	15	0,56402	ELU2	Combination	4,556	-93,277	0	0	0	95,1168
12	0,56449	ELU1	Combination	-181,942	66,268	0	0	0	65,4738	15	0	ELU3	Combination	15,671	-88,227	0	0	0	16,2611
12	0	ELU2	Combination	-188,83	37,623	0	0	0	95,1936	15	0,28201	ELU3	Combination	20,955	-78,104	0	0	0	39,7148
12	0,28224	ELU2	Combination	-181,359	51,88	0	0	0	82,5627	15	0,56402	ELU3	Combination	26,24	-67,981	0	0	0	60,3136
12	0,56449	ELU2	Combination	-173,888	66,138	0	0	0	65,9078	16	0	ELU1	Combination	18,178	-94,345	0	0	0	91,7732
12	0	ELU3	Combination	-146,022	26,994	0	0	0	66,8077	16	0,28224	ELU1	Combination	25,649	-80,087	0	0	0	116,3893
12	0,28224	ELU3	Combination	-140,717	37,117	0	0	0	57,7603	16	0,56449	ELU1	Combination	33,12	-65,83	0	0	0	136,9813
12	0,56449	ELU3	Combination	-135,413	47,24	0	0	0	45,8557	16	0	ELU2	Combination	4,41	-93,284	0	0	0	95,1168
13	0	ELU1	Combination	-181,942	66,268	0	0	0	65,4738	16	0,28224	ELU2	Combination	11,88	-79,026	0	0	0	119,4335



16	0,56449	ELU2	Combination	19,351	-64,769	0	0	0	139,7261	22	0	ELU1	Combination	66,003	-3,005	0	0	0	179,8155
16	0	ELU3	Combination	26,133	-68,022	0	0	0	60,3136	22	0,22566	ELU1	Combination	71,963	8,401	0	0	0	179,2067
16	0,28224	ELU3	Combination	31,437	-57,899	0	0	0	78,0838	22	0,45131	ELU1	Combination	77,922	19,807	0	0	0	176,0241
16	0,56449	ELU3	Combination	36,742	-47,776	0	0	0	92,9968	22	0	ELU2	Combination	52,233	-1,96	0	0	0	181,235
17	0	ELU1	Combination	33,12	-65,83	0	0	0	136,9813	22	0,22566	ELU2	Combination	58,193	9,446	0	0	0	180,3904
17	0,28224	ELU1	Combination	40,591	-51,572	0	0	0	153,5493	22	0,45131	ELU2	Combination	64,152	20,852	0	0	0	176,972
17	0,56449	ELU1	Combination	48,062	-37,315	0	0	0	166,0932	22	0	ELU3	Combination	60,091	-3,154	0	0	0	124,7032
17	0	ELU2	Combination	19,351	-64,769	0	0	0	139,7261	22	0,22566	ELU3	Combination	64,322	4,945	0	0	0	124,5011
17	0,28224	ELU2	Combination	26,822	-50,511	0	0	0	155,9946	22	0,45131	ELU3	Combination	68,554	13,043	0	0	0	122,4715
17	0,56449	ELU2	Combination	34,293	-36,254	0	0	0	168,239	23	0	ELU1	Combination	77,946	19,715	0	0	0	176,0241
17	0	ELU3	Combination	36,742	-47,776	0	0	0	92,9968	23	0,28224	ELU1	Combination	85,417	33,973	0	0	0	168,4476
17	0,28224	ELU3	Combination	42,046	-37,653	0	0	0	105,0527	23	0,56449	ELU1	Combination	92,887	48,23	0	0	0	156,8471
17	0,56449	ELU3	Combination	47,351	-27,53	0	0	0	114,2514	23	0	ELU2	Combination	64,177	20,776	0	0	0	176,972
18	0	ELU1	Combination	48,062	-37,315	0	0	0	166,0932	23	0,28224	ELU2	Combination	71,648	35,034	0	0	0	169,0961
18	0,28224	ELU1	Combination	55,533	-23,057	0	0	0	174,6131	23	0,56449	ELU2	Combination	79,119	49,291	0	0	0	157,196
18	0,56449	ELU1	Combination	63,004	-8,8	0	0	0	179,1088	23	0	ELU3	Combination	68,569	12,963	0	0	0	122,4715
18	0	ELU2	Combination	34,293	-36,254	0	0	0	168,239	23	0,28224	ELU3	Combination	73,873	23,086	0	0	0	117,3843
18	0,28224	ELU2	Combination	41,764	-21,996	0	0	0	176,4594	23	0,56449	ELU3	Combination	79,178	33,209	0	0	0	109,4399
18	0,56449	ELU2	Combination	49,235	-7,739	0	0	0	180,6557	24	0	ELU1	Combination	92,887	48,23	0	0	0	156,8471
18	0	ELU3	Combination	47,351	-27,53	0	0	0	114,2514	24	0,56449	ELU1	Combination	107,829	76,745	0	0	0	121,5738
18	0,28224	ELU3	Combination	52,655	-17,407	0	0	0	120,5929	24	1,12897	ELU1	Combination	122,771	105,26	0	0	0	70,2042
18	0,56449	ELU3	Combination	57,96	-7,284	0	0	0	124,0772	24	0	ELU2	Combination	79,119	49,291	0	0	0	157,196
21	0	ELU1	Combination	62,962	-9,096	0	0	0	179,1088	24	0,56449	ELU2	Combination	94,061	77,806	0	0	0	121,3238
21	0,05659	ELU1	Combination	64,473	-6,244	0	0	0	179,5429	24	1,12897	ELU2	Combination	109,002	106,321	0	0	0	69,3552
21	0,11318	ELU1	Combination	65,984	-3,393	0	0	0	179,8155	24	0	ELU3	Combination	79,178	33,209	0	0	0	109,4399
21	0	ELU2	Combination	49,198	-7,97	0	0	0	180,6557	24	0,56449	ELU3	Combination	89,787	53,455	0	0	0	84,9796
21	0,05659	ELU2	Combination	50,709	-5,119	0	0	0	181,026	24	1,12897	ELU3	Combination	100,396	73,701	0	0	0	49,0907
21	0,11318	ELU2	Combination	52,221	-2,267	0	0	0	181,235	25	0	ELU1	Combination	122,854	105,164	0	0	0	70,2042
21	0	ELU3	Combination	57,925	-7,556	0	0	0	124,0772	25	0,11294	ELU1	Combination	125,848	110,867	0	0	0	58,0045
21	0,05659	ELU3	Combination	58,998	-5,531	0	0	0	124,4475	25	0,22589	ELU1	Combination	128,842	116,57	0	0	0	45,1608
21	0,11318	ELU3	Combination	60,071	-3,506	0	0	0	124,7032	25	0	ELU2	Combination	109,086	106,236	0	0	0	69,3552



25	0,11294	ELU2	Combination	112,08	111,939	0	0	0	57,0345	28	0,56449	ELU3	Combination	84,836	-39,29	0	0	0	117,6917
25	0,22589	ELU2	Combination	115,074	117,642	0	0	0	44,0697	29	0	ELU1	Combination	-3,951	-35,128	0	0	0	116,0765
25	0	ELU3	Combination	100,454	73,623	0	0	0	49,0907	29	0,28224	ELU1	Combination	3,52	-20,87	0	0	0	123,979
25	0,11294	ELU3	Combination	102,58	77,672	0	0	0	40,5468	29	0,56449	ELU1	Combination	10,99	-6,613	0	0	0	127,8574
25	0,22589	ELU3	Combination	104,705	81,721	0	0	0	31,5456	29	0	ELU2	Combination	-92,414	-20,768	0	0	0	80,2635
26	0	ELU1	Combination	-48,575	-120,725	0	0	0	-15,8243	29	0,28224	ELU2	Combination	-87,11	-10,644	0	0	0	84,6964
26	0,28201	ELU1	Combination	-41,133	-106,468	0	0	0	16,2112	29	0,56449	ELU2	Combination	-81,805	-0,521	0	0	0	86,2721
26	0,56402	ELU1	Combination	-33,69	-92,21	0	0	0	44,226	29	0	ELU3	Combination	84,836	-39,29	0	0	0	117,6917
26	0	ELU2	Combination	-124,105	-81,685	0	0	0	-6,4021	29	0,28224	ELU3	Combination	92,307	-25,033	0	0	0	126,769
26	0,28201	ELU2	Combination	-118,82	-71,561	0	0	0	15,2064	29	0,56449	ELU3	Combination	99,778	-10,775	0	0	0	131,8224
26	0,56402	ELU2	Combination	-113,536	-61,438	0	0	0	33,9602	30	0	ELU1	Combination	10,99	-6,613	0	0	0	127,8574
26	0	ELU3	Combination	40,219	-124,749	0	0	0	-21,1782	30	0,28224	ELU1	Combination	18,461	7,645	0	0	0	127,7117
26	0,28201	ELU3	Combination	47,661	-110,491	0	0	0	11,992	30	0,56449	ELU1	Combination	25,932	21,902	0	0	0	123,5419
26	0,56402	ELU3	Combination	55,104	-96,234	0	0	0	41,1414	30	0	ELU2	Combination	-81,805	-0,521	0	0	0	86,2721
27	0	ELU1	Combination	-33,835	-92,157	0	0	0	44,226	30	0,28224	ELU2	Combination	-76,501	9,602	0	0	0	84,9907
27	0,28224	ELU1	Combination	-26,364	-77,9	0	0	0	68,2247	30	0,56449	ELU2	Combination	-71,196	19,725	0	0	0	80,8521
27	0,56449	ELU1	Combination	-18,893	-63,643	0	0	0	88,1994	30	0	ELU3	Combination	99,778	-10,775	0	0	0	131,8224
27	0	ELU2	Combination	-113,632	-61,26	0	0	0	33,9602	30	0,28224	ELU3	Combination	107,249	3,482	0	0	0	132,8516
27	0,28224	ELU2	Combination	-108,328	-51,137	0	0	0	49,8218	30	0,56449	ELU3	Combination	114,72	17,74	0	0	0	129,8568
27	0,56449	ELU2	Combination	-103,023	-41,014	0	0	0	62,8262	31	0	ELU1	Combination	25,932	21,902	0	0	0	123,5419
27	0	ELU3	Combination	54,953	-96,32	0	0	0	41,1414	31	0,28224	ELU1	Combination	33,403	36,16	0	0	0	115,3481
27	0,28224	ELU3	Combination	62,424	-82,063	0	0	0	66,315	31	0,56449	ELU1	Combination	40,874	50,417	0	0	0	103,1302
27	0,56449	ELU3	Combination	69,894	-67,805	0	0	0	87,4647	31	0	ELU2	Combination	-71,196	19,725	0	0	0	80,8521
28	0	ELU1	Combination	-18,893	-63,643	0	0	0	88,1994	31	0,28224	ELU2	Combination	-65,892	29,848	0	0	0	73,8563
28	0,28224	ELU1	Combination	-11,422	-49,385	0	0	0	104,15	31	0,56449	ELU2	Combination	-60,587	39,971	0	0	0	64,0033
28	0,56449	ELU1	Combination	-3,951	-35,128	0	0	0	116,0765	31	0	ELU3	Combination	114,72	17,74	0	0	0	129,8568
28	0	ELU2	Combination	-103,023	-41,014	0	0	0	62,8262	31	0,28224	ELU3	Combination	122,191	31,997	0	0	0	122,8379
28	0,28224	ELU2	Combination	-97,719	-30,891	0	0	0	72,9734	31	0,56449	ELU3	Combination	129,662	46,255	0	0	0	111,7949
28	0,56449	ELU2	Combination	-92,414	-20,768	0	0	0	80,2635	32	0	ELU1	Combination	40,874	50,417	0	0	0	103,1302
28	0	ELU3	Combination	69,894	-67,805	0	0	0	87,4647	32	0,56449	ELU1	Combination	55,816	78,932	0	0	0	66,6222
28	0,28224	ELU3	Combination	77,365	-53,548	0	0	0	104,5902	32	1,12897	ELU1	Combination	70,758	107,447	0	0	0	14,0178

32	0	ELU2	Combination	-60,587	39,971	0	0	0	64,0033
32	0,56449	ELU2	Combination	-49,978	60,217	0	0	0	35,7258
32	1,12897	ELU2	Combination	-39,369	80,464	0	0	0	-3,9804
32	0	ELU3	Combination	129,662	46,255	0	0	0	111,7949
32	0,56449	ELU3	Combination	144,604	74,769	0	0	0	77,6368
32	1,12897	ELU3	Combination	159,546	103,284	0	0	0	27,3823
33	0	ELU1	Combination	70,842	107,392	0	0	0	14,0178
33	0,11294	ELU1	Combination	73,836	113,095	0	0	0	1,5666
33	0,22589	ELU1	Combination	76,83	118,798	0	0	0	-11,5288
33	0	ELU2	Combination	-39,306	80,494	0	0	0	-3,9804
33	0,11294	ELU2	Combination	-37,18	84,544	0	0	0	-13,3004
33	0,22589	ELU2	Combination	-35,054	88,593	0	0	0	-23,0777
33	0	ELU3	Combination	159,626	103,159	0	0	0	27,3823
33	0,11294	ELU3	Combination	162,621	108,862	0	0	0	15,4091
33	0,22589	ELU3	Combination	165,615	114,565	0	0	0	2,7917

Tabla 16. Esfuerzos obtenidos en las escaleras con las diferentes combinaciones de ELU

Recopilando los esfuerzos más desfavorables:

	Zona de escalones	Zona de rellano
	Med (máx positivo)	Med (máx negativo)
	181,23 KN·m	-318,89 KN·m
V_{máx} (x=d)	124,58 KN	229,794 KN
N_{máx}	128,84 KN	93,38 KN

A continuación se realiza el cálculo seccional con estos esfuerzos para hallar la amadura necesaria en la mitad de la losa de la escalera; por lo que el armado final deberá ser el doble del que obtengamos en este cálculo.

8.2.3.1. TRAMO DE RAMPA (ESCALONES)

I. Dimensionamiento. ELU Resistente

Para los esfuerzos siguientes realizamos el cálculo seccional:

	Zona de escalones
	Med (máx positivo)
	181,23 KN·m
V_{máx} (x=d)	124,58 KN
N_{máx}	128,84 KN

Nos encontramos en zona D y la armadura necesaria es tal que:

As	0,002240395 m ²
ΔAs	0,000286534 m ²
As + Δas	0,002526929 m ²

Esta cuantía de armado es superior a la cuantía necesaria por mínimos; por lo que nos quedamos con ella.

Al ser nuestra sección del doble de longitud que para la que esta dimensionada esta armadura tenemos que la armadura necesaria será de:

As(inferior)	0,0052503 m ²	47ø12
--------------	--------------------------	-------

Al realizar el cálculo seccional obtenemos que en la cara comprimida no es necesaria armadura. Esto se debe a que se encuentra en zona C; por lo tanto colocamos el mínimo necesario para esta cara:

$$A'_s = 30\% \cdot A_{s,min} = 0,3 \cdot 0,0009 \cdot A_c = 0,0001653m^2$$

Esta cuantía de armado corresponde a 2ø12 que como no cumple separación máxima de 300 mm se debe aumentar a 10 ø12. Al tener una sección del doble de longitud decimos que la armadura en la cara superior será de:

As(superior)	0,002262 m ²	20ø12
--------------	-------------------------	-------

La armadura de reparto en losa suele ponerse igual al 20% de la armadura principal.

La armadura principal por metro es:

$$\frac{A_s}{m} = \frac{0,00525}{4,9} = 0,001065 m^2$$

Un 20 % de la armadura principal -> 0,2·0,001065 = 0,000213129 m² -> 2 ø12 por metro. Como no cumple por separación hay que aumentar el número de redondos hasta que cumpla.

Por lo tanto la armadura necesaria horizontal en los 4,74 metros que mide la zona en rampa es:

As horizontal	0,0018096 m ²	16ø12
---------------	--------------------------	-------

ZONA DE RAMPAS(ESCOLONES)	
As superior	20ø12
As inferior	47ø12
As transversal	16ø12

II. Limitación de tensiones. ELS de fisuración

Se tiene que comprobar fisuración en la sección analizada.

En primer lugar hallamos el flector más desfavorable para el ELS casi-permanente, a continuación se muestran en la Tabla 17, los outputs de SAP de todos los esfuerzos de esta combinación. Se subraya en azul el máximo flector.

TABLE: Element Forces – Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	0	ELScpermanente	Combination	-141,398	-55,297	0	0	0	-2,842E-14
1	0,28201	ELScpermanente	Combination	-137,484	-47,798	0	0	0	14,537
1	0,56402	ELScpermanente	Combination	-133,57	-40,3	0	0	0	26,9593
2	0	ELScpermanente	Combination	-99,759	27,761	0	0	0	-37,3888
2	0,45375	ELScpermanente	Combination	-99,759	36,083	0	0	0	-51,8733
2	0,9075	ELScpermanente	Combination	-99,759	44,404	0	0	0	-70,1339



2	1,36125	ELScpermanente	Combination	-99,759	52,726	0	0	0	-92,1704	10	0	ELScpermanente	Combination	0	-83,405	0	0	0	-98,7935
2	1,815	ELScpermanente	Combination	-99,759	61,048	0	0	0	-117,983	10	0,46667	ELScpermanente	Combination	0	-74,846	0	0	0	-61,8683
3	0	ELScpermanente	Combination	31,134	-89,888	0	0	0	-117,983	10	0,93333	ELScpermanente	Combination	0	-66,287	0	0	0	-28,9371
3	0,45375	ELScpermanente	Combination	31,134	-81,567	0	0	0	-79,0841	10	1,4	ELScpermanente	Combination	0	-57,729	0	0	0	-2,481E-14
3	0,9075	ELScpermanente	Combination	31,134	-73,245	0	0	0	-43,9613	11	0	ELScpermanente	Combination	-110,057	4,902	0	0	0	56,7541
3	1,36125	ELScpermanente	Combination	31,134	-64,923	0	0	0	-12,6145	11	0,28224	ELScpermanente	Combination	-106,128	12,4	0	0	0	54,3124
3	1,815	ELScpermanente	Combination	31,134	-56,601	0	0	0	14,9563	11	0,56449	ELScpermanente	Combination	-102,199	19,899	0	0	0	49,7542
4	0	ELScpermanente	Combination	-133,633	-40,09	0	0	0	26,9593	12	0	ELScpermanente	Combination	-102,199	19,899	0	0	0	49,7542
4	0,28224	ELScpermanente	Combination	-129,703	-32,591	0	0	0	37,2161	12	0,28224	ELScpermanente	Combination	-98,269	27,398	0	0	0	43,0797
4	0,56449	ELScpermanente	Combination	-125,774	-25,093	0	0	0	45,3566	12	0,56449	ELScpermanente	Combination	-94,34	34,896	0	0	0	34,2887
5	0	ELScpermanente	Combination	-125,774	-25,093	0	0	0	45,3566	13	0	ELScpermanente	Combination	-94,34	34,896	0	0	0	34,2887
5	0,28224	ELScpermanente	Combination	-121,845	-17,594	0	0	0	51,3806	13	0,56449	ELScpermanente	Combination	-86,481	49,893	0	0	0	10,3575
5	0,56449	ELScpermanente	Combination	-117,916	-10,095	0	0	0	55,2882	13	1,12897	ELScpermanente	Combination	-78,623	64,891	0	0	0	-22,0394
6	0	ELScpermanente	Combination	31,134	85,612	0	0	0	22,5589	14	0	ELScpermanente	Combination	-78,572	64,952	0	0	0	-22,0394
6	0,45375	ELScpermanente	Combination	31,134	93,933	0	0	0	-18,1753	14	0,11294	ELScpermanente	Combination	-76,997	67,952	0	0	0	-29,5447
6	0,9075	ELScpermanente	Combination	31,134	102,255	0	0	0	-62,6856	14	0,22589	ELScpermanente	Combination	-75,423	70,951	0	0	0	-37,3888
6	1,36125	ELScpermanente	Combination	31,134	110,577	0	0	0	-110,9718	15	0	ELScpermanente	Combination	1,408	-64,584	0	0	0	14,9563
6	1,815	ELScpermanente	Combination	31,134	118,899	0	0	0	-163,0341	15	0,28201	ELScpermanente	Combination	5,322	-57,085	0	0	0	32,1123
7	0	ELScpermanente	Combination	6,192	-101,672	0	0	0	-163,0341	15	0,56402	ELScpermanente	Combination	9,237	-49,586	0	0	0	47,1535
7	0,45375	ELScpermanente	Combination	6,192	-93,35	0	0	0	-118,7886	16	0	ELScpermanente	Combination	9,159	-49,601	0	0	0	47,1535
7	0,9075	ELScpermanente	Combination	6,192	-85,028	0	0	0	-78,3191	16	0,28224	ELScpermanente	Combination	13,088	-42,102	0	0	0	60,0948
7	1,36125	ELScpermanente	Combination	6,192	-76,706	0	0	0	-41,6256	16	0,56449	ELScpermanente	Combination	17,017	-34,604	0	0	0	70,9197
7	1,815	ELScpermanente	Combination	6,192	-68,385	0	0	0	-8,7081	17	0	ELScpermanente	Combination	17,017	-34,604	0	0	0	70,9197
8	0	ELScpermanente	Combination	-117,916	-10,095	0	0	0	55,2882	17	0,28224	ELScpermanente	Combination	20,946	-27,105	0	0	0	79,6281
8	0,28224	ELScpermanente	Combination	-113,986	-2,597	0	0	0	57,0793	17	0,56449	ELScpermanente	Combination	24,876	-19,607	0	0	0	86,2201
8	0,56449	ELScpermanente	Combination	-110,057	4,902	0	0	0	56,7541	18	0	ELScpermanente	Combination	24,876	-19,607	0	0	0	86,2201
9	0	ELScpermanente	Combination	6,192	73,828	0	0	0	-6,4868	18	0,28224	ELScpermanente	Combination	28,805	-12,108	0	0	0	90,6957
9	0,2	ELScpermanente	Combination	6,192	77,496	0	0	0	-21,6192	18	0,56449	ELScpermanente	Combination	32,734	-4,609	0	0	0	93,0549
9	0,2	ELScpermanente	Combination	6,192	77,496	0	0	0	-21,6192	21	0	ELScpermanente	Combination	32,712	-4,763	0	0	0	93,0549
9	0,65	ELScpermanente	Combination	6,192	85,749	0	0	0	-58,3494	21	0,05659	ELScpermanente	Combination	33,507	-3,263	0	0	0	93,282
9	1,1	ELScpermanente	Combination	6,192	94,002	0	0	0	-98,7935	21	0,11318	ELScpermanente	Combination	34,302	-1,764	0	0	0	93,4242

22	0	ELScpermanente	Combination	34,312	-1,562	0	0	0	93,4242
22	0,22566	ELScpermanente	Combination	37,446	4,437	0	0	0	93,0998
22	0,45131	ELScpermanente	Combination	40,581	10,436	0	0	0	91,4218
23	0	ELScpermanente	Combination	40,593	10,388	0	0	0	91,4218
23	0,28224	ELScpermanente	Combination	44,522	17,887	0	0	0	87,4317
23	0,56449	ELScpermanente	Combination	48,451	25,385	0	0	0	81,3251
24	0	ELScpermanente	Combination	48,451	25,385	0	0	0	81,3251
24	0,56449	ELScpermanente	Combination	56,31	40,382	0	0	0	62,7627
24	1,12897	ELScpermanente	Combination	64,168	55,38	0	0	0	35,7346
25	0	ELScpermanente	Combination	64,212	55,329	0	0	0	35,7346
25	0,11294	ELScpermanente	Combination	65,787	58,329	0	0	0	29,3161
25	0,22589	ELScpermanente	Combination	67,361	61,328	0	0	0	22,5589
26	0	ELScpermanente	Combination	-26,156	-63,487	0	0	0	-8,7081
26	0,28201	ELScpermanente	Combination	-22,242	-55,989	0	0	0	8,1387
26	0,56402	ELScpermanente	Combination	-18,327	-48,49	0	0	0	22,8708
27	0	ELScpermanente	Combination	-18,403	-48,461	0	0	0	22,8708
27	0,28224	ELScpermanente	Combination	-14,474	-40,963	0	0	0	35,4904
27	0,56449	ELScpermanente	Combination	-10,545	-33,464	0	0	0	45,9937
28	0	ELScpermanente	Combination	-10,545	-33,464	0	0	0	45,9937
28	0,28224	ELScpermanente	Combination	-6,616	-25,966	0	0	0	54,3805
28	0,56449	ELScpermanente	Combination	-2,686	-18,467	0	0	0	60,6508
29	0	ELScpermanente	Combination	-2,686	-18,467	0	0	0	60,6508
29	0,28224	ELScpermanente	Combination	1,243	-10,968	0	0	0	64,8048
29	0,56449	ELScpermanente	Combination	5,172	-3,47	0	0	0	66,8423
30	0	ELScpermanente	Combination	5,172	-3,47	0	0	0	66,8423
30	0,28224	ELScpermanente	Combination	9,101	4,029	0	0	0	66,7634
30	0,56449	ELScpermanente	Combination	13,031	11,527	0	0	0	64,5681
31	0	ELScpermanente	Combination	13,031	11,527	0	0	0	64,5681
31	0,28224	ELScpermanente	Combination	16,96	19,026	0	0	0	60,2563
31	0,56449	ELScpermanente	Combination	20,889	26,525	0	0	0	53,8282
32	0	ELScpermanente	Combination	20,889	26,525	0	0	0	53,8282

32	0,56449	ELScpermanente	Combination	28,748	41,522	0	0	0	34,6225
32	1,12897	ELScpermanente	Combination	36,606	56,519	0	0	0	6,9512
33	0	ELScpermanente	Combination	36,651	56,49	0	0	0	6,9512
33	0,11294	ELScpermanente	Combination	38,225	59,49	0	0	0	0,4016
33	0,22589	ELScpermanente	Combination	39,8	62,489	0	0	0	-6,4868

Tabla 17. Esfuerzos de las escaleras para ELS casi-permanente

También es necesario el axil y flector máximo de la combinación característica para controlar la limitación de tensiones. En la Tabla 18 se presentan los valores de todas las combinaciones de acciones, señalando en azul el flector más desfavorable.

Las diferentes combinaciones de acciones son:

- ELS 1: PP + CM +SC en toda la sección longitudinal de la escalera
- ELS 2: PP + CM +SC en la mitad inferior (dos rellanos y un tramo de escaleras)
- ELS 3: PP + CM +SC en la mitad superior (dos rellanos y un tramo de escaleras)

TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	0	ELS1	Combination	-201,049	-77,944	0	0	0	0
1	0,28201	ELS1	Combination	-195,536	-67,383	0	0	0	20,4919
1	0,56402	ELS1	Combination	-190,023	-56,822	0	0	0	38,0055
1	0	ELS2	Combination	-195,083	-78,031	0	0	0	0
1	0,28201	ELS2	Combination	-189,57	-67,47	0	0	0	20,5165
1	0,56402	ELS2	Combination	-184,057	-56,909	0	0	0	38,0547
1	0	ELS3	Combination	-147,364	-55,21	0	0	0	-2,798E-14



1	0,28201	ELS3	Combination	-143,45	-47,711	0	0	0	14,5124	3	1,815	ELS3	Combination	40,533	-52,564	0	0	0	12,0452
1	0,56402	ELS3	Combination	-139,535	-40,213	0	0	0	26,9101	4	0	ELS1	Combination	-190,112	-56,523	0	0	0	38,0055
2	0	ELS1	Combination	-142,159	38,162	0	0	0	-52,3707	4	0,28224	ELS1	Combination	-184,578	-45,962	0	0	0	52,4684
2	0,45375	ELS1	Combination	-142,159	52,042	0	0	0	-72,8358	4	0,56449	ELS1	Combination	-179,044	-35,401	0	0	0	63,9506
2	0,9075	ELS1	Combination	-142,159	65,923	0	0	0	-99,5991	4	0	ELS2	Combination	-184,146	-56,62	0	0	0	38,0547
2	1,36125	ELS1	Combination	-142,159	79,803	0	0	0	-132,6605	4	0,28224	ELS2	Combination	-178,612	-46,059	0	0	0	52,5448
2	1,815	ELS1	Combination	-142,159	93,683	0	0	0	-172,0201	4	0,56449	ELS2	Combination	-173,078	-35,498	0	0	0	64,0542
2	0	ELS2	Combination	-136,83	40,846	0	0	0	-51,9173	4	0	ELS3	Combination	-139,598	-39,993	0	0	0	26,9101
2	0,45375	ELS2	Combination	-136,83	54,726	0	0	0	-73,6001	4	0,28224	ELS3	Combination	-135,669	-32,495	0	0	0	37,1398
2	0,9075	ELS2	Combination	-136,83	68,606	0	0	0	-101,581	4	0,56449	ELS3	Combination	-131,74	-24,996	0	0	0	45,253
2	1,36125	ELS2	Combination	-136,83	82,486	0	0	0	-135,8601	5	0	ELS1	Combination	-179,044	-35,401	0	0	0	63,9506
2	1,815	ELS2	Combination	-136,83	96,366	0	0	0	-176,4373	5	0,28224	ELS1	Combination	-173,51	-24,84	0	0	0	72,4519
2	0	ELS3	Combination	-105,089	25,077	0	0	0	-37,8421	5	0,56449	ELS1	Combination	-167,976	-14,279	0	0	0	77,9725
2	0,45375	ELS3	Combination	-105,089	33,399	0	0	0	-51,109	5	0	ELS2	Combination	-173,078	-35,498	0	0	0	64,0542
2	0,9075	ELS3	Combination	-105,089	41,721	0	0	0	-68,152	5	0,28224	ELS2	Combination	-167,544	-24,937	0	0	0	72,5828
2	1,36125	ELS3	Combination	-105,089	50,043	0	0	0	-88,9709	5	0,56449	ELS2	Combination	-162,01	-14,376	0	0	0	78,1306
2	1,815	ELS3	Combination	-105,089	58,365	0	0	0	-113,5658	5	0	ELS3	Combination	-131,74	-24,996	0	0	0	45,253
3	0	ELS1	Combination	44,363	-134,999	0	0	0	-172,0201	5	0,28224	ELS3	Combination	-127,811	-17,498	0	0	0	51,2497
3	0,45375	ELS1	Combination	44,363	-121,119	0	0	0	-113,9132	5	0,56449	ELS3	Combination	-123,881	-9,999	0	0	0	55,1301
3	0,9075	ELS1	Combination	44,363	-107,239	0	0	0	-62,1044	6	0	ELS1	Combination	44,363	120,815	0	0	0	33,4525
3	1,36125	ELS1	Combination	44,363	-93,359	0	0	0	-16,5938	6	0,45375	ELS1	Combination	44,363	134,695	0	0	0	-24,5165
3	1,815	ELS1	Combination	44,363	-79,479	0	0	0	22,6187	6	0,9075	ELS1	Combination	44,363	148,576	0	0	0	-88,7837
3	0	ELS2	Combination	34,965	-139,037	0	0	0	-176,4373	6	1,36125	ELS1	Combination	44,363	162,456	0	0	0	-159,349
3	0,45375	ELS2	Combination	34,965	-125,157	0	0	0	-116,4983	6	1,815	ELS1	Combination	44,363	176,336	0	0	0	-236,2124
3	0,9075	ELS2	Combination	34,965	-111,277	0	0	0	-62,8575	6	0	ELS2	Combination	34,965	116,778	0	0	0	32,6443
3	1,36125	ELS2	Combination	34,965	-97,396	0	0	0	-15,5148	6	0,45375	ELS2	Combination	34,965	125,099	0	0	0	-22,2316
3	1,815	ELS2	Combination	34,965	-83,516	0	0	0	25,5297	6	0,9075	ELS2	Combination	34,965	133,421	0	0	0	-80,8835
3	0	ELS3	Combination	40,533	-85,851	0	0	0	-113,5658	6	1,36125	ELS2	Combination	34,965	141,743	0	0	0	-143,3113
3	0,45375	ELS3	Combination	40,533	-77,529	0	0	0	-76,499	6	1,815	ELS2	Combination	34,965	150,065	0	0	0	-209,5152
3	0,9075	ELS3	Combination	40,533	-69,207	0	0	0	-43,2083	6	0	ELS3	Combination	40,533	89,649	0	0	0	23,3671
3	1,36125	ELS3	Combination	40,533	-60,885	0	0	0	-13,6935	6	0,45375	ELS3	Combination	40,533	103,529	0	0	0	-20,4603



6	0,9075	ELS3	Combination	40,533	117,41	0	0	0	-70,5858	9	1,1	ELS1	Combination	9,485	138,017	0	0	0	-141,8514
6	1,36125	ELS3	Combination	40,533	131,29	0	0	0	-127,0094	9	0	ELS2	Combination	-53,495	46,034	0	0	0	-17,0946
6	1,815	ELS3	Combination	40,533	145,17	0	0	0	-189,7312	9	0,2	ELS2	Combination	-53,495	49,702	0	0	0	-26,6681
7	0	ELS1	Combination	9,485	-151,447	0	0	0	-236,2124	9	0,2	ELS2	Combination	-53,495	49,702	0	0	0	-26,6681
7	0,45375	ELS1	Combination	9,485	-137,567	0	0	0	-170,6425	9	0,65	ELS2	Combination	-53,495	57,955	0	0	0	-50,8908
7	0,9075	ELS1	Combination	9,485	-123,686	0	0	0	-111,3708	9	1,1	ELS2	Combination	-53,495	66,208	0	0	0	-78,8274
7	1,36125	ELS1	Combination	9,485	-109,806	0	0	0	-58,3972	9	0	ELS3	Combination	69,171	132,162	0	0	0	2,0679
7	1,815	ELS1	Combination	9,485	-95,926	0	0	0	-11,7217	9	0,2	ELS3	Combination	69,171	138,28	0	0	0	-24,9763
7	0	ELS2	Combination	-53,495	-129,466	0	0	0	-209,5152	9	0,2	ELS3	Combination	69,171	138,28	0	0	0	-24,9763
7	0,45375	ELS2	Combination	-53,495	-121,144	0	0	0	-152,658	9	0,65	ELS3	Combination	69,171	152,046	0	0	0	-90,2997
7	0,9075	ELS2	Combination	-53,495	-112,823	0	0	0	-99,5767	9	1,1	ELS3	Combination	69,171	165,811	0	0	0	-161,8176
7	1,36125	ELS2	Combination	-53,495	-104,501	0	0	0	-50,2715	10	0	ELS1	Combination	0	-122,735	0	0	0	-141,8514
7	1,815	ELS2	Combination	-53,495	-96,179	0	0	0	-4,7423	10	0,46667	ELS1	Combination	0	-108,46	0	0	0	-87,9058
7	0	ELS3	Combination	69,171	-123,652	0	0	0	-189,7312	10	0,93333	ELS1	Combination	0	-94,185	0	0	0	-40,622
7	0,45375	ELS3	Combination	69,171	-109,772	0	0	0	-136,7731	10	1,4	ELS1	Combination	0	-79,909	0	0	0	-2,703E-14
7	0,9075	ELS3	Combination	69,171	-95,892	0	0	0	-90,1131	10	0	ELS2	Combination	0	-69,143	0	0	0	-78,8274
7	1,36125	ELS3	Combination	69,171	-82,012	0	0	0	-49,7513	10	0,46667	ELS2	Combination	0	-60,585	0	0	0	-48,5575
7	1,815	ELS3	Combination	69,171	-68,131	0	0	0	-15,6876	10	0,93333	ELS2	Combination	0	-52,026	0	0	0	-22,2817
8	0	ELS1	Combination	-167,976	-14,279	0	0	0	77,9725	10	1,4	ELS2	Combination	0	-43,467	0	0	0	-2,748E-14
8	0,28224	ELS1	Combination	-162,442	-3,718	0	0	0	80,5122	10	0	ELS3	Combination	0	-136,997	0	0	0	-161,8176
8	0,56449	ELS1	Combination	-156,908	6,843	0	0	0	80,0712	10	0,46667	ELS3	Combination	0	-122,722	0	0	0	-101,2166
8	0	ELS2	Combination	-162,01	-14,376	0	0	0	78,1306	10	0,93333	ELS3	Combination	0	-108,446	0	0	0	-47,2774
8	0,28224	ELS2	Combination	-156,476	-3,814	0	0	0	80,6976	10	1,4	ELS3	Combination	0	-94,171	0	0	0	-1,105E-14
8	0,56449	ELS2	Combination	-150,942	6,747	0	0	0	80,2838	11	0	ELS1	Combination	-156,908	6,843	0	0	0	80,0712
8	0	ELS3	Combination	-123,881	-9,999	0	0	0	55,1301	11	0,28224	ELS1	Combination	-151,374	17,404	0	0	0	76,6494
8	0,28224	ELS3	Combination	-119,952	-2,5	0	0	0	56,894	11	0,56449	ELS1	Combination	-145,84	27,965	0	0	0	70,2467
8	0,56449	ELS3	Combination	-116,023	4,998	0	0	0	56,5415	11	0	ELS2	Combination	-150,942	6,747	0	0	0	80,2838
9	0	ELS1	Combination	9,485	104,368	0	0	0	-8,5399	11	0,28224	ELS2	Combination	-145,408	17,308	0	0	0	76,8892
9	0,2	ELS1	Combination	9,485	110,486	0	0	0	-30,0252	11	0,56449	ELS2	Combination	-139,874	27,869	0	0	0	70,5138
9	0,2	ELS1	Combination	9,485	110,486	0	0	0	-30,0252	11	0	ELS3	Combination	-116,023	4,998	0	0	0	56,5415
9	0,65	ELS1	Combination	9,485	124,251	0	0	0	-82,8411	11	0,28224	ELS3	Combination	-112,094	12,497	0	0	0	54,0726



11	0,56449	ELS3	Combination	-108,164	19,995	0	0	0	49,4872	15	0	ELS2	Combination	-7,651	-90,216	0	0	0	25,5297
12	0	ELS1	Combination	-145,84	27,965	0	0	0	70,2467	15	0,28201	ELS2	Combination	-2,138	-79,655	0	0	0	49,4825
12	0,28224	ELS1	Combination	-140,306	38,526	0	0	0	60,8633	15	0,56402	ELS2	Combination	3,375	-69,094	0	0	0	70,4569
12	0,56449	ELS1	Combination	-134,772	49,088	0	0	0	48,4991	15	0	ELS3	Combination	11,608	-65,354	0	0	0	12,0452
12	0	ELS2	Combination	-139,874	27,869	0	0	0	70,5138	15	0,28201	ELS3	Combination	15,523	-57,855	0	0	0	29,4183
12	0,28224	ELS2	Combination	-134,34	38,43	0	0	0	61,1576	15	0,56402	ELS3	Combination	19,437	-50,356	0	0	0	44,6767
12	0,56449	ELS2	Combination	-128,806	48,991	0	0	0	48,8206	16	0	ELS1	Combination	13,465	-69,885	0	0	0	67,9801
12	0	ELS3	Combination	-108,164	19,995	0	0	0	49,4872	16	0,28224	ELS1	Combination	18,999	-59,324	0	0	0	86,2143
12	0,28224	ELS3	Combination	-104,235	27,494	0	0	0	42,7854	16	0,56449	ELS1	Combination	24,533	-48,763	0	0	0	101,4677
12	0,56449	ELS3	Combination	-100,306	34,993	0	0	0	33,9672	16	0	ELS2	Combination	3,266	-69,099	0	0	0	70,4569
13	0	ELS1	Combination	-134,772	49,088	0	0	0	48,4991	16	0,28224	ELS2	Combination	8,8	-58,538	0	0	0	88,4693
13	0,56449	ELS1	Combination	-123,704	70,21	0	0	0	14,8283	16	0,56449	ELS2	Combination	14,334	-47,977	0	0	0	103,5008
13	1,12897	ELS1	Combination	-112,636	91,332	0	0	0	-30,7657	16	0	ELS3	Combination	19,358	-50,387	0	0	0	44,6767
13	0	ELS2	Combination	-128,806	48,991	0	0	0	48,8206	16	0,28224	ELS3	Combination	23,287	-42,888	0	0	0	57,8399
13	0,56449	ELS2	Combination	-117,738	70,113	0	0	0	15,2043	16	0,56449	ELS3	Combination	27,216	-35,39	0	0	0	68,8866
13	1,12897	ELS2	Combination	-106,67	91,235	0	0	0	-30,3353	17	0	ELS1	Combination	24,533	-48,763	0	0	0	101,4677
13	0	ELS3	Combination	-100,306	34,993	0	0	0	33,9672	17	0,28224	ELS1	Combination	30,067	-38,202	0	0	0	113,7402
13	0,56449	ELS3	Combination	-92,447	49,99	0	0	0	9,9815	17	0,56449	ELS1	Combination	35,601	-27,641	0	0	0	123,032
13	1,12897	ELS3	Combination	-84,589	64,987	0	0	0	-22,4699	17	0	ELS2	Combination	14,334	-47,977	0	0	0	103,5008
14	0	ELS1	Combination	-112,564	91,42	0	0	0	-30,7657	17	0,28224	ELS2	Combination	19,868	-37,416	0	0	0	115,5515
14	0,11294	ELS1	Combination	-110,346	95,645	0	0	0	-41,3296	17	0,56449	ELS2	Combination	25,402	-26,855	0	0	0	124,6215
14	0,22589	ELS1	Combination	-108,129	99,869	0	0	0	-52,3707	17	0	ELS3	Combination	27,216	-35,39	0	0	0	68,8866
14	0	ELS2	Combination	-106,599	91,319	0	0	0	-30,3353	17	0,28224	ELS3	Combination	31,145	-27,891	0	0	0	77,8168
14	0,11294	ELS2	Combination	-104,381	95,544	0	0	0	-40,8877	17	0,56449	ELS3	Combination	35,075	-20,392	0	0	0	84,6307
14	0,22589	ELS2	Combination	-102,163	99,768	0	0	0	-51,9173	18	0	ELS1	Combination	35,601	-27,641	0	0	0	123,032
14	0	ELS3	Combination	-84,538	65,053	0	0	0	-22,4699	18	0,28224	ELS1	Combination	41,135	-17,08	0	0	0	129,343
14	0,11294	ELS3	Combination	-82,963	68,053	0	0	0	-29,9866	18	0,56449	ELS1	Combination	46,669	-6,518	0	0	0	132,6732
14	0,22589	ELS3	Combination	-81,388	71,052	0	0	0	-37,8421	18	0	ELS2	Combination	25,402	-26,855	0	0	0	124,6215
15	0	ELS1	Combination	2,549	-90,986	0	0	0	22,6187	18	0,28224	ELS2	Combination	30,936	-16,294	0	0	0	130,7106
15	0,28201	ELS1	Combination	8,062	-80,425	0	0	0	46,7886	18	0,56449	ELS2	Combination	36,47	-5,733	0	0	0	133,819
15	0,56402	ELS1	Combination	13,575	-69,864	0	0	0	67,9801	18	0	ELS3	Combination	35,075	-20,392	0	0	0	84,6307



18	0,28224	ELS3	Combination	39,004	-12,894	0	0	0	89,3281	24	1,12897	ELS1	Combination	90,942	77,97	0	0	0	52,0031
18	0,56449	ELS3	Combination	42,933	-5,395	0	0	0	91,9091	24	0	ELS2	Combination	58,606	36,512	0	0	0	116,4415
21	0	ELS1	Combination	46,638	-6,738	0	0	0	132,6732	24	0,56449	ELS2	Combination	69,675	57,634	0	0	0	89,8695
21	0,05659	ELS1	Combination	47,758	-4,625	0	0	0	132,9947	24	1,12897	ELS2	Combination	80,743	78,756	0	0	0	51,3742
21	0,11318	ELS1	Combination	48,877	-2,513	0	0	0	133,1967	24	0	ELS3	Combination	58,65	24,599	0	0	0	81,0666
21	0	ELS2	Combination	36,443	-5,904	0	0	0	133,819	24	0,56449	ELS3	Combination	66,509	39,596	0	0	0	62,9479
21	0,05659	ELS2	Combination	37,563	-3,792	0	0	0	134,0933	24	1,12897	ELS3	Combination	74,367	54,594	0	0	0	36,3635
21	0,11318	ELS2	Combination	38,682	-1,679	0	0	0	134,2481	25	0	ELS1	Combination	91,003	77,899	0	0	0	52,0031
21	0	ELS3	Combination	42,907	-5,597	0	0	0	91,9091	25	0,11294	ELS1	Combination	93,221	82,123	0	0	0	42,9663
21	0,05659	ELS3	Combination	43,702	-4,097	0	0	0	92,1833	25	0,22589	ELS1	Combination	95,438	86,348	0	0	0	33,4525
21	0,11318	ELS3	Combination	44,497	-2,597	0	0	0	92,3728	25	0	ELS2	Combination	80,804	78,693	0	0	0	51,3742
22	0	ELS1	Combination	48,891	-2,226	0	0	0	133,1967	25	0,11294	ELS2	Combination	83,022	82,917	0	0	0	42,2478
22	0,22566	ELS1	Combination	53,306	6,223	0	0	0	132,7457	25	0,22589	ELS2	Combination	85,24	87,142	0	0	0	32,6443
22	0,45131	ELS1	Combination	57,72	14,672	0	0	0	130,3882	25	0	ELS3	Combination	74,41	54,535	0	0	0	36,3635
22	0	ELS2	Combination	38,691	-1,452	0	0	0	134,2481	25	0,11294	ELS3	Combination	75,985	57,535	0	0	0	30,0347
22	0,22566	ELS2	Combination	43,106	6,997	0	0	0	133,6225	25	0,22589	ELS3	Combination	77,56	60,534	0	0	0	23,3671
22	0,45131	ELS2	Combination	47,52	15,446	0	0	0	131,0904	26	0	ELS1	Combination	-35,982	-89,426	0	0	0	-11,7217
22	0	ELS3	Combination	44,512	-2,336	0	0	0	92,3728	26	0,28201	ELS1	Combination	-30,469	-78,865	0	0	0	12,0083
22	0,22566	ELS3	Combination	47,646	3,663	0	0	0	92,223	26	0,56402	ELS1	Combination	-24,956	-68,304	0	0	0	32,76
22	0,45131	ELS3	Combination	50,78	9,662	0	0	0	90,7197	26	0	ELS2	Combination	-91,929	-60,507	0	0	0	-4,7423
23	0	ELS1	Combination	57,737	14,604	0	0	0	130,3882	26	0,28201	ELS2	Combination	-88,015	-53,008	0	0	0	11,264
23	0,28224	ELS1	Combination	63,271	25,165	0	0	0	124,776	26	0,56402	ELS2	Combination	-84,101	-45,51	0	0	0	25,1557
23	0,56449	ELS1	Combination	68,806	35,726	0	0	0	116,183	26	0	ELS3	Combination	29,792	-92,407	0	0	0	-15,6876
23	0	ELS2	Combination	47,538	15,39	0	0	0	131,0904	26	0,28201	ELS3	Combination	35,305	-81,845	0	0	0	8,8829
23	0,28224	ELS2	Combination	53,072	25,951	0	0	0	125,2563	26	0,56402	ELS3	Combination	40,818	-71,284	0	0	0	30,4751
23	0,56449	ELS2	Combination	58,606	36,512	0	0	0	116,4415	27	0	ELS1	Combination	-25,063	-68,265	0	0	0	32,76
23	0	ELS3	Combination	50,792	9,602	0	0	0	90,7197	27	0,28224	ELS1	Combination	-19,529	-57,704	0	0	0	50,5368
23	0,28224	ELS3	Combination	54,721	17,101	0	0	0	86,9513	27	0,56449	ELS1	Combination	-13,995	-47,143	0	0	0	65,3329
23	0,56449	ELS3	Combination	58,65	24,599	0	0	0	81,0666	27	0	ELS2	Combination	-84,172	-45,378	0	0	0	25,1557
24	0	ELS1	Combination	68,806	35,726	0	0	0	116,183	27	0,28224	ELS2	Combination	-80,243	-37,879	0	0	0	36,905
24	0,56449	ELS1	Combination	79,874	56,848	0	0	0	90,0546	27	0,56449	ELS2	Combination	-76,314	-30,381	0	0	0	46,5379



27	0	ELS3	Combination	40,706	-71,348	0	0	0	30,4751	31	0,28224	ELS1	Combination	24,743	26,785	0	0	0	85,443
27	0,28224	ELS3	Combination	46,24	-60,787	0	0	0	49,1223	31	0,56449	ELS1	Combination	30,277	37,346	0	0	0	76,3927
27	0,56449	ELS3	Combination	51,774	-50,226	0	0	0	64,7886	31	0	ELS2	Combination	-52,738	14,611	0	0	0	59,8904
28	0	ELS1	Combination	-13,995	-47,143	0	0	0	65,3329	31	0,28224	ELS2	Combination	-48,809	22,11	0	0	0	54,7083
28	0,28224	ELS1	Combination	-8,461	-36,581	0	0	0	77,1481	31	0,56449	ELS2	Combination	-44,879	29,608	0	0	0	47,4098
28	0,56449	ELS1	Combination	-2,927	-26,02	0	0	0	85,9826	31	0	ELS3	Combination	84,978	13,14	0	0	0	96,1902
28	0	ELS2	Combination	-76,314	-30,381	0	0	0	46,5379	31	0,28224	ELS3	Combination	90,512	23,702	0	0	0	90,991
28	0,28224	ELS2	Combination	-72,384	-22,882	0	0	0	54,0544	31	0,56449	ELS3	Combination	96,046	34,263	0	0	0	82,811
28	0,56449	ELS2	Combination	-68,455	-15,383	0	0	0	59,4545	32	0	ELS1	Combination	30,277	37,346	0	0	0	76,3927
28	0	ELS3	Combination	51,774	-50,226	0	0	0	64,7886	32	0,56449	ELS1	Combination	41,345	58,468	0	0	0	49,3497
28	0,28224	ELS3	Combination	57,308	-39,665	0	0	0	77,4742	32	1,12897	ELS1	Combination	52,413	79,591	0	0	0	10,3836
28	0,56449	ELS3	Combination	62,842	-29,104	0	0	0	87,179	32	0	ELS2	Combination	-44,879	29,608	0	0	0	47,4098
29	0	ELS1	Combination	-2,927	-26,02	0	0	0	85,9826	32	0,56449	ELS2	Combination	-37,021	44,605	0	0	0	26,4636
29	0,28224	ELS1	Combination	2,607	-15,459	0	0	0	91,8363	32	1,12897	ELS2	Combination	-29,162	59,603	0	0	0	-2,9484
29	0,56449	ELS1	Combination	8,141	-4,898	0	0	0	94,7092	32	0	ELS3	Combination	96,046	34,263	0	0	0	82,811
29	0	ELS2	Combination	-68,455	-15,383	0	0	0	59,4545	32	0,56449	ELS3	Combination	107,114	55,385	0	0	0	57,5087
29	0,28224	ELS2	Combination	-64,526	-7,885	0	0	0	62,7381	32	1,12897	ELS3	Combination	118,182	76,507	0	0	0	20,2832
29	0,56449	ELS2	Combination	-60,597	-0,386	0	0	0	63,9053	33	0	ELS1	Combination	52,476	79,549	0	0	0	10,3836
29	0	ELS3	Combination	62,842	-29,104	0	0	0	87,179	33	0,11294	ELS1	Combination	54,693	83,774	0	0	0	1,1604
29	0,28224	ELS3	Combination	68,376	-18,543	0	0	0	93,903	33	0,22589	ELS1	Combination	56,911	87,998	0	0	0	-8,5399
29	0,56449	ELS3	Combination	73,91	-7,982	0	0	0	97,6462	33	0	ELS2	Combination	-29,116	59,625	0	0	0	-2,9484
30	0	ELS1	Combination	8,141	-4,898	0	0	0	94,7092	33	0,11294	ELS2	Combination	-27,541	62,625	0	0	0	-9,8521
30	0,28224	ELS1	Combination	13,675	5,663	0	0	0	94,6012	33	0,22589	ELS2	Combination	-25,966	65,624	0	0	0	-17,0946
30	0,56449	ELS1	Combination	19,209	16,224	0	0	0	91,5125	33	0	ELS3	Combination	118,242	76,414	0	0	0	20,2832
30	0	ELS2	Combination	-60,597	-0,386	0	0	0	63,9053	33	0,11294	ELS3	Combination	120,46	80,639	0	0	0	11,4141
30	0,28224	ELS2	Combination	-56,667	7,112	0	0	0	62,9561	33	0,22589	ELS3	Combination	122,677	84,863	0	0	0	2,0679
30	0,56449	ELS2	Combination	-52,738	14,611	0	0	0	59,8904										
30	0	ELS3	Combination	73,91	-7,982	0	0	0	97,6462										
30	0,28224	ELS3	Combination	79,444	2,579	0	0	0	98,4086										
30	0,56449	ELS3	Combination	84,978	13,14	0	0	0	96,1902										
31	0	ELS1	Combination	19,209	16,224	0	0	0	91,5125										

Tabla 18. Esfuerzos de las escaleras para las diferentes combinaciones de ELS característico

Con ello tenemos que:

	ELS casipermanente	ELS característico
	M_{máx}	M_{máx}
	93,42 KN·m	134,2481 KN·m
N_{concomitante}	34,302 KN	38,691

Con estos cálculos se está hallando la armadura de la cara superior que en esta caso es la traccionada. Según el cálculo seccional obtenemos que:

As	0,003882538 m ²
ΔAs	0,000528526 m ²
As + Δas	0,004411064 m ²

Al hallar el momento de fisuración se comprueba que el momento de fisuración es menor que el momento de cálculo; por lo que la sección fisura.

$$M_{fis} = -\frac{I}{v_2} \cdot \left(-f_{ctm} - \frac{N}{A} - \frac{N \cdot e}{I} \right) = 81922,34 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

La sección no fisura ya que M_{fis} es mucho mayor que M_{máx}

M_{fis}	81922,34 KN·m	NO FISURA
------------------------	---------------	------------------

8.2.3.2. TRAMO DE RELLANOS

I. Dimensionamiento. ELU Resistente

	Zona de escalones
	Med (máx positivo)
	-318,89 KN·m
V_{máx} (x=d)	229,794 KN
N_{máx}	-93,38 KN

Esta cuantía se compara con los mínimos necesarios; siendo mucho superior.

Igual que en el cálculo anterior; esta cuantía es para la mitad de la sección siendo para el conjunto de la losa de valor:

As(superior)	0,008708 m ²	77ø12
---------------------	-------------------------	-------

Al realizar el cálculo seccional obtenemos que en la cara comprimida no es necesaria armadura. Esto se debe a que se encuentra en zona C; por lo tanto colocamos el mínimo necesario para esta cara:

$$A'_s = 30\% \cdot A_{s,min} = 0,3 \cdot 0,0009 \cdot A_c = 0,0001653 \text{ m}^2$$

Esta cuantía de armado corresponde a 2ø12 que como no cumple separación máxima de 300 mm se debe aumentar a 10 ø12. Al tener una sección del doble de longitud decimos que la armadura en la cara superior será de:

As(inferior)	0,002262 m ²	20ø12
---------------------	-------------------------	-------

La armadura de reparto en losa suele ponerse igual al 20% de la armadura principal.

La armadura principal por metro es:

$$\frac{A_s}{m} = \frac{0,008708}{4,9} = 0,001777 \text{ m}^2$$

Un 20 % de la armadura principal $\rightarrow 0,2 \cdot 0,00177 = 0,0003554 \text{ m}^2 \rightarrow 4\phi 12$ por metro.

Con esta cuantía por metro hallamos la armadura necesaria en 3,63 metros $\rightarrow 0,001194 \text{ m}^2$

$\rightarrow 11 \phi 12$.

Esta cuantía de armado no cumple separación máxima de 300mm; por lo que se debe aumentar quedando:

As horizontal	0,00158334 m ²	14 ϕ 12
---------------	---------------------------	--------------

ZONA DE RAMPAS(ESCOLONES)	
As superior	77 ϕ 12
As inferior	20 ϕ 12
As transversal	14 ϕ 12

II. Limitación de tensiones. ELS de fisuración

Se tiene que comprobar fisuración en la sección analizada.

Lo primero que tenemos que hacer es hallar el flector y axil más desfavorable en la zona de rellanos para el ELS con la combinación casi-permanente y característica. Este valor lo podemos encontrar en la tabla donde se encuentran todos los esfuerzos (en el apartado anterior). Se ha subrayado en morado el máximo flector.

	ELS casipermanente	ELS característico
	M _{máx}	M _{máx}
	-163,03 KN·m	-236,21 KN·m
N _{concomitante}	31,13 KN	44,36 KN

El momento de fisuración viene dado por:

$$M_{fis} = -\frac{I}{v_2} \cdot \left(-f_{ctm} - \frac{N}{A} - \frac{N \cdot e}{I} \right) = 81922,34 \text{ KN·m}$$

M _{fis}	81922,34 KN·m	NO FISURA
------------------	---------------	-----------

Comprobamos así que pese a que la sección esté fisurada resiste.

8.3. CÁLCULO DEL ZUNCHO DE CONEXIÓN

8.3.1. DATOS GEOMÉTRICOS Y MECÁNICOS

El zuncho que pasamos a calcular a continuación sirve de conexión de rampas y escaleras con el tablero. En el zuncho se dejará armadura de conexión con estos elementos y se hormigonarán todos al mismo tiempo para conseguir una unión monolítica

El zuncho se apoya directamente sobre la pila del tablero para que la transmisión de esfuerzos sea más directa. Es preferible que el tablero y el conjunto rampa-escaleras trabajen de forma independiente, por lo que se han desconectado mediante una junta de dilatación en su zona de contacto.

El zuncho debe tener el mismo canto que tiene el tablero, rampas y escaleras; al ser elemento de unión de todos ellos. Por lo que la sección del zuncho es de 0,3x0,25 metros.

También debe adaptarse a la longitud del tablero y la longitud necesaria para que puedan conectarse las rampas y escalera. Por ello tiene una longitud de 12 metros.

El hormigón del zuncho será el mismo que el utilizado para la losa de rampas y escaleras; ya que se hormigonan a la vez.

Las principales características mecánicas y geométricas del zuncho se detallan a continuación:

Zuncho	
canto	0,25 m
ancho	0,3 m
área	0,075 m ²
Inercia	0,0003906 m ⁴
V ₁	0,125 m
v ₂	-0,125 m

Valores de cálculo	
f _{ck}	35 MPa
f _{cd}	23,34 MPa
f _{yk}	500 MPa
f _{yd}	434,78 MPa

8.3.2. RECUBRIMIENTOS

Los recubrimientos mínimos exigidos por la norma (EC-2) se detallan a continuación:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Siendo c_{min} :

$$\max \left\{ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}, c_{min,b}, 10mm \right\}$$

Teniendo en cuenta que nos encontramos en un ambiente X0 y que la vida útil es de 100 años,

$c_{min,dur}$:

$$c_{min,dur} = 25mm$$

El incremento que debe sumarse a $c_{min,dur}$, es por términos de seguridad, y los de reducción son por uso de acero inoxidable y por uso de protección adicional. Para una clase de exposición X0, se consideran todos estos valores nulos.

$c_{min,b}$, depende del tamaño máximo del árido (<32mm), y del diámetro de la armadura. Será del mismo valor que el diámetro de la armadura. Por lo tanto:

- Para la cara superior : $c_{min,b} = 32$ mm (suponemos redondos de $\phi 32$)
- Para la cara inferior : $c_{min,b} = 20$ mm (suponemos redondos de $\phi 20$)

La tolerancia del recubrimiento se considera, $\Delta c_{dev} = 10mm$.

Por lo tanto el recubrimiento nominal y el mecánico quedan definidos por:

- Para la cara superior:

$$c_{nom} = 32 + 10 = 42mm$$

$$c_{mec} = c_{nom} + \frac{\phi}{2} = 58mm$$

- Para la cara inferior:

$$c_{nom} = 25 + 10 = 35mm$$

$$c_{mec} = c_{nom} + \frac{\phi}{2} = 45mm$$

Se han realizado diferentes combinaciones de acciones, suponiendo el Peso propio y la carga muerta repartidas por todo el zunchos y considerando la sobrecarga de uso actuando en diferentes zonas. Las combinaciones definidas son:

- ELU : PP+CM+SC en toda la longitud
- ELUc : PP+CM+SC en uno de los vanos centrales
- ELUv : PP+CM+SC en un voladizo
- ELUc2 : PP+CM+SC en los dos vanos centrales
- ELUv2 : PP+CM+SC en los dos voladizos
- ELUvc : PP+CM+SC en un vano central y en un voladizo

Al analizar todas estas hipótesis obtenemos los esfuerzos mostrados en la Tabla 19.

8.3.3. DIMENSIONAMIENTO. ELU RESISTENTE

Para realizar el dimensionamiento debemos hallar los esfuerzos más desfavorables de la sección. Tener en cuenta que al estar el zunchos triapoyada tendremos flexión positiva y negativa. Hallaremos los máximos de ambas para dimensionar la armadura de la cara superior (flexión negativa) y la armadura de la cara inferior (flexión positiva). En la Figura 20 se puede ver el diagrama de flectores tipo del zunchos:

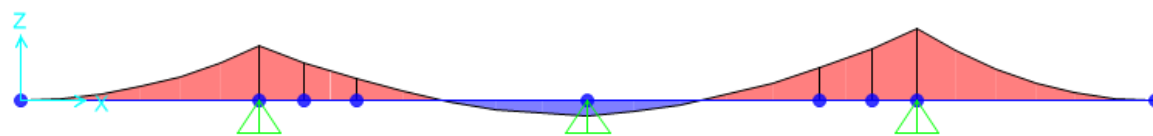


Figura 20. Diagrama de flectores del zunchos

TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
2	0	ELU	Combination	0	-79,092	0	0	0	-100,2411
2	0,275	ELU	Combination	0	-77,839	0	0	0	-78,6632
2	0,55	ELU	Combination	0	-76,586	0	0	0	-57,4297
2	0	ELUV2	Combination	0	-77,417	0	0	0	-101,2651
2	0,275	ELUV2	Combination	0	-76,721	0	0	0	-80,0711
2	0,55	ELUV2	Combination	0	-76,025	0	0	0	-59,0685
2	0	ELUc	Combination	0	-74,647	0	0	0	-96,1253
2	0,275	ELUc	Combination	0	-73,951	0	0	0	-75,693
2	0,55	ELUc	Combination	0	-73,255	0	0	0	-55,4521
2	0	ELU2c	Combination	0	-76,322	0	0	0	-95,1014
2	0,275	ELU2c	Combination	0	-75,069	0	0	0	-74,2851
2	0,55	ELU2c	Combination	0	-73,816	0	0	0	-53,8133



2	0	ELUv	Combination	0	-75,103	0	0	0	-95,9087	3	0,49	ELUv	Combination	0	-59,756	0	0	0	-22,2851
2	0,275	ELUv	Combination	0	-74,407	0	0	0	-75,351	3	0,98	ELUv	Combination	0	-45,801	0	0	0	3,5762
2	0,55	ELUv	Combination	0	-73,711	0	0	0	-54,9847	3	1,47	ELUv	Combination	0	-31,845	0	0	0	22,5994
2	0	ELUcv	Combination	0	-75,103	0	0	0	-95,9087	3	1,96	ELUv	Combination	0	-17,89	0	0	0	34,7844
2	0,275	ELUcv	Combination	0	-74,407	0	0	0	-75,351	3	2,45	ELUv	Combination	0	-3,934	0	0	0	40,1313
2	0,55	ELUcv	Combination	0	-73,711	0	0	0	-54,9847	3	0	ELUcv	Combination	0	-73,711	0	0	0	-54,9847
3	0	ELU	Combination	0	-76,586	0	0	0	-57,4297	3	0,49	ELUcv	Combination	0	-59,756	0	0	0	-22,2851
3	0,49	ELU	Combination	0	-61,638	0	0	0	-23,5647	3	0,98	ELUcv	Combination	0	-45,801	0	0	0	3,5762
3	0,98	ELU	Combination	0	-46,691	0	0	0	2,9759	3	1,47	ELUcv	Combination	0	-31,845	0	0	0	22,5994
3	1,47	ELU	Combination	0	-31,743	0	0	0	22,1922	3	1,96	ELUcv	Combination	0	-17,89	0	0	0	34,7844
3	1,96	ELU	Combination	0	-16,795	0	0	0	34,0841	3	2,45	ELUcv	Combination	0	-3,934	0	0	0	40,1313
3	2,45	ELU	Combination	0	-1,848	0	0	0	38,6516	4	0	ELU	Combination	0	14,008	0	0	0	38,6516
3	0	ELUV2	Combination	0	-76,025	0	0	0	-59,0685	4	0,49	ELU	Combination	0	28,956	0	0	0	28,1256
3	0,49	ELUV2	Combination	0	-62,07	0	0	0	-25,2353	4	0,98	ELU	Combination	0	43,903	0	0	0	10,2752
3	0,98	ELUV2	Combination	0	-48,114	0	0	0	1,7598	4	1,47	ELU	Combination	0	58,851	0	0	0	-14,8996
3	1,47	ELUV2	Combination	0	-34,159	0	0	0	21,9166	4	1,96	ELU	Combination	0	73,799	0	0	0	-47,3987
3	1,96	ELUV2	Combination	0	-20,203	0	0	0	35,2354	4	2,45	ELU	Combination	0	88,746	0	0	0	-87,2222
3	2,45	ELUV2	Combination	0	-6,248	0	0	0	41,7159	4	0	ELUV2	Combination	0	18,408	0	0	0	41,7159
3	0	ELUc	Combination	0	-73,255	0	0	0	-55,4521	4	0,49	ELUV2	Combination	0	32,364	0	0	0	29,2769
3	0,49	ELUc	Combination	0	-59,3	0	0	0	-22,976	4	0,98	ELUV2	Combination	0	46,319	0	0	0	9,9997
3	0,98	ELUc	Combination	0	-45,345	0	0	0	2,6619	4	1,47	ELUV2	Combination	0	60,274	0	0	0	-16,1157
3	1,47	ELUc	Combination	0	-31,389	0	0	0	21,4617	4	1,96	ELUV2	Combination	0	74,23	0	0	0	-49,0693
3	1,96	ELUc	Combination	0	-17,434	0	0	0	33,4233	4	2,45	ELUV2	Combination	0	88,185	0	0	0	-88,861
3	2,45	ELUc	Combination	0	-3,478	0	0	0	38,5467	4	0	ELUc	Combination	0	15,638	0	0	0	38,5467
3	0	ELU2c	Combination	0	-73,816	0	0	0	-53,8133	4	0,49	ELUc	Combination	0	29,594	0	0	0	27,4648
3	0,49	ELU2c	Combination	0	-58,869	0	0	0	-21,3054	4	0,98	ELUc	Combination	0	43,549	0	0	0	9,5447
3	0,98	ELU2c	Combination	0	-43,921	0	0	0	3,8781	4	1,47	ELUc	Combination	0	57,505	0	0	0	-15,2135
3	1,47	ELU2c	Combination	0	-28,973	0	0	0	21,7372	4	1,96	ELUc	Combination	0	71,46	0	0	0	-46,8099
3	1,96	ELU2c	Combination	0	-14,026	0	0	0	32,272	4	2,45	ELUc	Combination	0	85,416	0	0	0	-85,2445
3	2,45	ELU2c	Combination	0	0,922	0	0	0	35,4824	4	0	ELU2c	Combination	0	11,238	0	0	0	35,4824
3	0	ELUv	Combination	0	-73,711	0	0	0	-54,9847	4	0,49	ELU2c	Combination	0	26,186	0	0	0	26,3135



4	0,98	ELU2c	Combination	0	41,134	0	0	0	9,8202	5	0	ELUcv	Combination	0	87,729	0	0	0	-89,3284
4	1,47	ELU2c	Combination	0	56,081	0	0	0	-13,9974	5	0,275	ELUcv	Combination	0	88,425	0	0	0	-113,5496
4	1,96	ELU2c	Combination	0	71,029	0	0	0	-45,1394	5	0,55	ELUcv	Combination	0	89,121	0	0	0	-137,9622
4	2,45	ELU2c	Combination	0	85,977	0	0	0	-83,6058	7	0	ELU	Combination	0	1,544E-14	0	0	0	-1,499E-15
4	0	ELUv	Combination	0	17,952	0	0	0	40,1313	7	0,42083	ELU	Combination	0	18,86	0	0	0	-3,9685
4	0,49	ELUv	Combination	0	31,908	0	0	0	27,9157	7	0,84167	ELU	Combination	0	37,72	0	0	0	-15,8739
4	0,98	ELUv	Combination	0	45,863	0	0	0	8,8619	7	1,2625	ELU	Combination	0	56,58	0	0	0	-35,7164
4	1,47	ELUv	Combination	0	59,818	0	0	0	-17,03	7	1,68333	ELU	Combination	0	75,441	0	0	0	-63,4958
4	1,96	ELUv	Combination	0	73,774	0	0	0	-49,7601	7	2,10417	ELU	Combination	0	94,301	0	0	0	-99,2121
4	2,45	ELUv	Combination	0	87,729	0	0	0	-89,3284	7	2,525	ELU	Combination	0	113,161	0	0	0	-142,8654
4	0	ELUcv	Combination	0	17,952	0	0	0	40,1313	7	0	ELUV2	Combination	0	1,484E-14	0	0	0	-2,398E-15
4	0,49	ELUcv	Combination	0	31,908	0	0	0	27,9157	7	0,42083	ELUV2	Combination	0	18,86	0	0	0	-3,9685
4	0,98	ELUcv	Combination	0	45,863	0	0	0	8,8619	7	0,84167	ELUV2	Combination	0	37,72	0	0	0	-15,8739
4	1,47	ELUcv	Combination	0	59,818	0	0	0	-17,03	7	1,2625	ELUV2	Combination	0	56,58	0	0	0	-35,7164
4	1,96	ELUcv	Combination	0	73,774	0	0	0	-49,7601	7	1,68333	ELUV2	Combination	0	75,441	0	0	0	-63,4958
4	2,45	ELUcv	Combination	0	87,729	0	0	0	-89,3284	7	2,10417	ELUV2	Combination	0	94,301	0	0	0	-99,2121
5	0	ELU	Combination	0	88,746	0	0	0	-87,2222	7	2,525	ELUV2	Combination	0	113,161	0	0	0	-142,8654
5	0,275	ELU	Combination	0	89,999	0	0	0	-111,7997	7	0	ELUc	Combination	0	1,784E-14	0	0	0	0
5	0,55	ELU	Combination	0	91,252	0	0	0	-136,7217	7	0,42083	ELUc	Combination	0	18,008	0	0	0	-3,7892
5	0	ELUV2	Combination	0	88,185	0	0	0	-88,861	7	0,84167	ELUc	Combination	0	36,016	0	0	0	-15,1567
5	0,275	ELUV2	Combination	0	88,881	0	0	0	-113,2076	7	1,2625	ELUc	Combination	0	54,024	0	0	0	-34,1025
5	0,55	ELUV2	Combination	0	89,577	0	0	0	-137,7456	7	1,68333	ELUc	Combination	0	72,032	0	0	0	-60,6267
5	0	ELUc	Combination	0	85,416	0	0	0	-85,2445	7	2,10417	ELUc	Combination	0	90,04	0	0	0	-94,7293
5	0,275	ELUc	Combination	0	86,112	0	0	0	-108,8295	7	2,525	ELUc	Combination	0	108,048	0	0	0	-136,4101
5	0,55	ELUc	Combination	0	86,807	0	0	0	-132,6059	7	0	ELU2c	Combination	0	1,784E-14	0	0	0	-1,499E-16
5	0	ELU2c	Combination	0	85,977	0	0	0	-83,6058	7	0,42083	ELU2c	Combination	0	18,008	0	0	0	-3,7892
5	0,275	ELU2c	Combination	0	87,229	0	0	0	-107,4216	7	0,84167	ELU2c	Combination	0	36,016	0	0	0	-15,1567
5	0,55	ELU2c	Combination	0	88,482	0	0	0	-131,5819	7	1,2625	ELU2c	Combination	0	54,024	0	0	0	-34,1025
5	0	ELUv	Combination	0	87,729	0	0	0	-89,3284	7	1,68333	ELU2c	Combination	0	72,032	0	0	0	-60,6267
5	0,275	ELUv	Combination	0	88,425	0	0	0	-113,5496	7	2,10417	ELU2c	Combination	0	90,04	0	0	0	-94,7293
5	0,55	ELUv	Combination	0	89,121	0	0	0	-137,9622	7	2,525	ELU2c	Combination	0	108,048	0	0	0	-136,4101



7	0	ELUv	Combination	0	1,784E-14	0	0	0	0	9	0,475	ELUc	Combination	0	113,661	0	0	0	-180,217
7	0,42083	ELUv	Combination	0	18,008	0	0	0	-3,7892	9	0	ELU2c	Combination	0	88,482	0	0	0	-131,5819
7	0,84167	ELUv	Combination	0	36,016	0	0	0	-15,1567	9	0,475	ELU2c	Combination	0	116,297	0	0	0	-180,217
7	1,2625	ELUv	Combination	0	54,024	0	0	0	-34,1025	9	0	ELUv	Combination	0	89,121	0	0	0	-137,9622
7	1,68333	ELUv	Combination	0	72,032	0	0	0	-60,6267	9	0,475	ELUv	Combination	0	115,974	0	0	0	-186,6724
7	2,10417	ELUv	Combination	0	90,04	0	0	0	-94,7293	9	0	ELUcv	Combination	0	89,121	0	0	0	-137,9622
7	2,525	ELUv	Combination	0	108,048	0	0	0	-136,4101	9	0,475	ELUcv	Combination	0	115,974	0	0	0	-186,6724
7	0	ELUcv	Combination	0	1,784E-14	0	0	0	0	10	0	ELU	Combination	0	-147,859	0	0	0	-186,6724
7	0,42083	ELUcv	Combination	0	18,008	0	0	0	-3,7892	10	0,42083	ELU	Combination	0	-123,216	0	0	0	-129,6336
7	0,84167	ELUcv	Combination	0	36,016	0	0	0	-15,1567	10	0,84167	ELU	Combination	0	-98,573	0	0	0	-82,9655
7	1,2625	ELUcv	Combination	0	54,024	0	0	0	-34,1025	10	1,2625	ELU	Combination	0	-73,93	0	0	0	-46,6681
7	1,68333	ELUcv	Combination	0	72,032	0	0	0	-60,6267	10	1,68333	ELU	Combination	0	-49,286	0	0	0	-20,7414
7	2,10417	ELUcv	Combination	0	90,04	0	0	0	-94,7293	10	2,10417	ELU	Combination	0	-24,643	0	0	0	-5,1853
7	2,525	ELUcv	Combination	0	108,048	0	0	0	-136,4101	10	2,525	ELU	Combination	0	-3,178E-15	0	0	0	1,668E-14
8	0	ELU	Combination	0	-100,379	0	0	0	-142,8654	10	0	ELUV2	Combination	0	-147,859	0	0	0	-186,6724
8	0,475	ELU	Combination	0	-79,092	0	0	0	-100,2411	10	0,42083	ELUV2	Combination	0	-123,216	0	0	0	-129,6336
8	0	ELUV2	Combination	0	-97,743	0	0	0	-142,8654	10	0,84167	ELUV2	Combination	0	-98,573	0	0	0	-82,9655
8	0,475	ELUV2	Combination	0	-77,417	0	0	0	-101,2651	10	1,2625	ELUV2	Combination	0	-73,93	0	0	0	-46,6681
8	0	ELUc	Combination	0	-94,973	0	0	0	-136,4101	10	1,68333	ELUV2	Combination	0	-49,286	0	0	0	-20,7414
8	0,475	ELUc	Combination	0	-74,647	0	0	0	-96,1253	10	2,10417	ELUV2	Combination	0	-24,643	0	0	0	-5,1853
8	0	ELU2c	Combination	0	-97,61	0	0	0	-136,4101	10	2,525	ELUV2	Combination	0	-7,799E-16	0	0	0	1,249E-14
8	0,475	ELU2c	Combination	0	-76,322	0	0	0	-95,1014	10	0	ELUc	Combination	0	-142,746	0	0	0	-180,217
8	0	ELUv	Combination	0	-95,429	0	0	0	-136,4101	10	0,42083	ELUc	Combination	0	-118,955	0	0	0	-125,1507
8	0,475	ELUv	Combination	0	-75,103	0	0	0	-95,9087	10	0,84167	ELUc	Combination	0	-95,164	0	0	0	-80,0965
8	0	ELUcv	Combination	0	-95,429	0	0	0	-136,4101	10	1,2625	ELUc	Combination	0	-71,373	0	0	0	-45,0543
8	0,475	ELUcv	Combination	0	-75,103	0	0	0	-95,9087	10	1,68333	ELUc	Combination	0	-47,582	0	0	0	-20,0241
9	0	ELU	Combination	0	91,252	0	0	0	-136,7217	10	2,10417	ELUc	Combination	0	-23,791	0	0	0	-5,006
9	0,475	ELU	Combination	0	119,067	0	0	0	-186,6724	10	2,525	ELUc	Combination	0	-3,178E-15	0	0	0	1,129E-14
9	0	ELUV2	Combination	0	89,577	0	0	0	-137,7456	10	0	ELU2c	Combination	0	-142,746	0	0	0	-180,217
9	0,475	ELUV2	Combination	0	116,43	0	0	0	-186,6724	10	0,42083	ELU2c	Combination	0	-118,955	0	0	0	-125,1507
9	0	ELUc	Combination	0	86,807	0	0	0	-132,6059	10	0,84167	ELU2c	Combination	0	-95,164	0	0	0	-80,0965

10	1,2625	ELU2c	Combination	0	-71,373	0	0	0	-45,0543
10	1,68333	ELU2c	Combination	0	-47,582	0	0	0	-20,0241
10	2,10417	ELU2c	Combination	0	-23,791	0	0	0	-5,006
10	2,525	ELU2c	Combination	0	-3,178E-15	0	0	0	1,099E-14
10	0	ELUv	Combination	0	-147,859	0	0	0	-186,6724
10	0,42083	ELUv	Combination	0	-123,216	0	0	0	-129,6336
10	0,84167	ELUv	Combination	0	-98,573	0	0	0	-82,9655
10	1,2625	ELUv	Combination	0	-73,93	0	0	0	-46,6681
10	1,68333	ELUv	Combination	0	-49,286	0	0	0	-20,7414
10	2,10417	ELUv	Combination	0	-24,643	0	0	0	-5,1853
10	2,525	ELUv	Combination	0	-1,979E-15	0	0	0	1,256E-14
10	0	ELUcv	Combination	0	-147,859	0	0	0	-186,6724
10	0,42083	ELUcv	Combination	0	-123,216	0	0	0	-129,6336
10	0,84167	ELUcv	Combination	0	-98,573	0	0	0	-82,9655
10	1,2625	ELUcv	Combination	0	-73,93	0	0	0	-46,6681
10	1,68333	ELUcv	Combination	0	-49,286	0	0	0	-20,7414
10	2,10417	ELUcv	Combination	0	-24,643	0	0	0	-5,1853
10	2,525	ELUcv	Combination	0	-1,979E-15	0	0	0	1,256E-14

A continuación pasamos a realizar el cálculo seccional. En primer lugar comenzamos a analizar la flexión negativa.

8.3.3.1. Flexión negativa

Para realizar el cálculo seccional partimos de los datos iniciales (geométricos y mecánicos ya están definidos anteriormente):

Ecuación constitutiva H	
λ	0,8
n	1
$\epsilon_{cu,f}$	0,00175
$\epsilon_{cu,c}$	0,0035
ϵ_{su}	-0,1

Posición armadura pasiva	
r_{nom}	0,042 m
r_{mec}	0,058 m
r_{nom}'	0,035 m
r_{mec}'	0,045 m
d	0,205 m
d'	0,044 m
ϕ	32 mm
ϕ'	20 mm

Tabla 19. Esfuerzos del zuncho para los distintos casos de ELU

Se han subrayado en azul los dos flectores más desfavorables que se dan, siendo sus valores:

	Flexión positiva	Flexión negativa
	Med	Med
	41,72 KN·m	-186,67 KN·m
V_{máx} (x=d)	-6,25 KN	-147,86 KN
N_{máx}	0 KN	0 KN

Para unos esfuerzos:

N_{máx}	V_{máx}	Med
0 KN	-147,86 KN	-186,67 KN·m

1. Determinación de X_{lim}

Tenemos una sección tal que así en la que tenemos que hacer el dimensionamiento de la armadura pasiva:

$$X_{lim} = \frac{d}{1 + \frac{f_{yd}}{700}} = 0,1184 \text{ m}$$

Hallamos los flectores en 1 (fibra superior donde se coloca la armadura traccionada) y 2 (fibra inferior donde se coloca la armadura comprimida), resultando:

M1c(Xlim)	95,922 KN.m
M2c(Xlim)	-1,575 KN.m

2. Determinación de la zona de dimensionamiento

Cuando $X = -\infty$

X= -∞	
Nc	0 KN
M1c	0 KN·m
M2c	0 KN·m

Cuando $X = \infty$

X= ∞	
Nc	1750 KN
M1c	117,25 KN·m
M2c	-140 KN·m

Para determinar la zona de dimensionamiento debemos hallar los flectores de la acción conjunta del pretensado y del hormigón en las fibras 1 y 2, pero en este caso al no tener pretensado únicamente tenemos en cuenta la acción del hormigón.

X=Xlim	
M1cp	95,922 KN·m
M2cp	-1,575 KN·m
X= infinito	
M1cp	117,5 KN
M2cp	-140 KN

Sabiendo que $M_{Ed} = -186,67 \text{ KN}$; y que $N_{Ed} = 0 \text{ KN}$

M1d	-186,67 KN·m
M2d	-186,6 KN·m

Al comprobar la zona de dimensionamiento resulta ser que se encuentra en Zona D (con curvatura negativa al ser la flexión negativa).

En la Figura 21 se muestra el diagrama de interacción Axil-Flector donde se observa la zona de dimensionamiento:

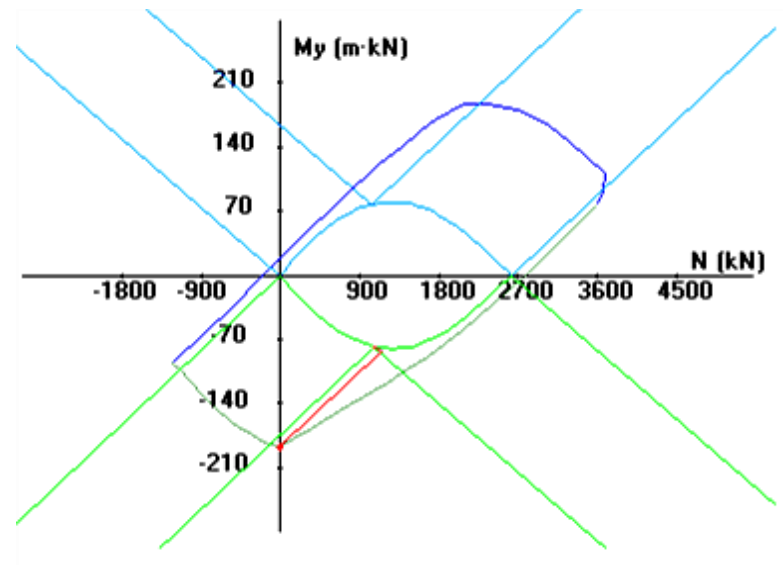


Figura 21. Diagrama de interacción Axil-Flector

La posición de la fibra neutra es de $X=12,542$ cm.

La sección Pivota en B, en la Figura 21 se puede observa:

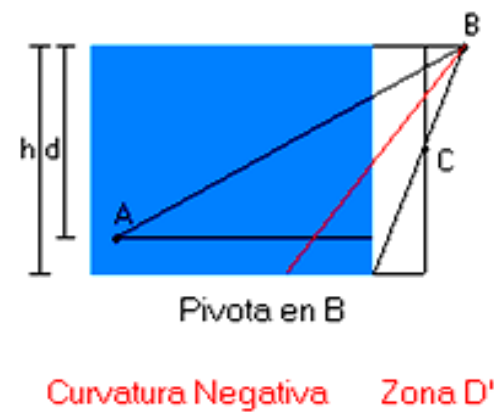


Figura 21. Pivote de la sección

Del cálculo se obtiene la armadura necesaria tanto para la cara traccionada (superior) como para la cara inferior, siendo esta de:

As	0,002283 m ²	3ø32
As'	0,0001625 m ²	1ø20

Comprobamos que esta armadura no sea inferior a los mínimos requeridos:

Para la cara traccionada los mínimos exigidos son:

- Control de fisuración (se hace una simplificación al ser una viga de sección rectangular sin axil aplicado):

$$A_{s,min} = \frac{0,2 \cdot K \cdot f_{ct,m} \cdot b \cdot h}{\sigma_s} = \frac{0,2 \cdot 0,65 \cdot 3,20996 \cdot 0,3 \cdot 0,25}{300} = 0,00010432 \text{ m}^2$$

- Mecánico:

$$A_{s,min} = \frac{W_1}{z} \cdot \frac{f_{ctm,fl}}{f_{yd}} = \frac{0,003125}{0,147} \cdot \frac{3,20996}{434,78} = 0,0001569 \text{ m}^2$$

- Geométrico:

$$A_{s,min} = \frac{2,8}{1000} \cdot A_c = \frac{2,8}{1000} \cdot 0,075 = 0,00021 \text{ m}^2$$

Todos estos mínimos son inferiores a la armadura que necesitamos; por lo que la armadura a disponer será la de cálculo -> 3ø32

Para el caso de la cara comprimida, el mínimo de armadura viene dado por:

$$X_{lim} = \frac{d}{1 + \frac{f_{yd}}{700}} = 0,1264 \text{ m}$$

- Geométrico:

$$A_{s,min} = 30\% \cdot \frac{2,8}{1000} \cdot A_c = 0,3 \cdot \frac{2,8}{1000} \cdot 0,075 = 0,000063 \text{ m}^2$$

Hallamos los flectores en 1 (fibra inferior donde se coloca la armadura traccionada) y 2 (fibra superior donde se coloca la armadura comprimida), resultando:

La armadura de cálculo sigue siendo superior; pero en la cara inferior hay que hacer un cálculo seccionar con la máxima flexión positiva; que dará un valor mayor de armado.

M1c(Xlim)	109,35	KN.m
M2c(Xlim)	5,25	KN.m

CARA SUPERIOR DEL ZUNCHO	
As	3ø32

8.3.3.2. Flexión positiva

A continuación pasamos al calculo seccional con la máxima flexión positiva:

Para unos esfuerzos:

N _{máx}	V _{máx}	M _{ed}
0 KN	-6,25KN	41,72 KN·m

1.Determinación de X_{lim}

Tenemos una sección tal que así en la que tenemos que hacer el dimensionamiento de la armadura pasiva:

2. Determinación de la zona de dimensionamiento

Cuando X=-∞

X= -∞	
Nc	0 KN
M1c	0 KN·m
M2c	0 KN·m

Cuando X= ∞

X= ∞	
Nc	1750 KN
M1c	140 KN·m
M2c	-117,25 KN·m

Para determinar la zona de dimensionamiento debemos hallar los flectores de la acción conjunta del pretensado y del hormigón en las fibras 1 y 2, pero en este caso al no tener pretensado únicamente tenemos en cuenta la acción del hormigón:

X=Xlim	
M1cp	109,351 KN·m
M2cp	5,253 KN·m
X= infinito	
M1cp	140 KN
M2cp	117,25 KN

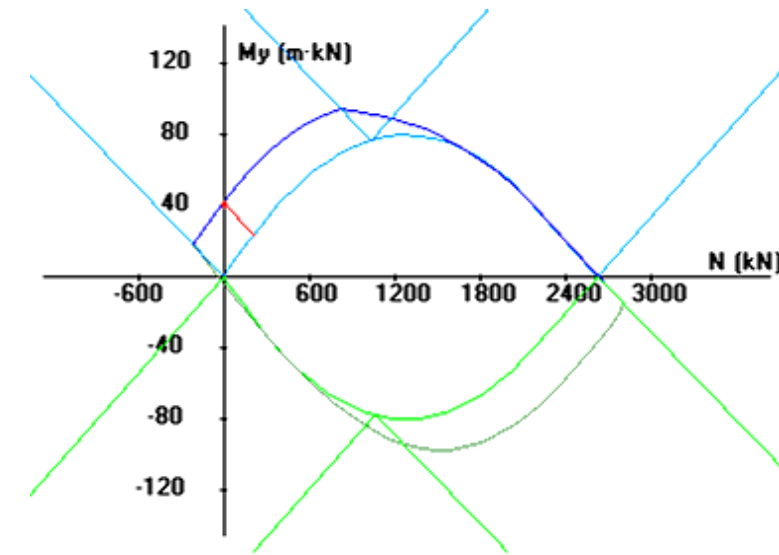


Figura 22. Diagrama de interacción Axil-Flector.

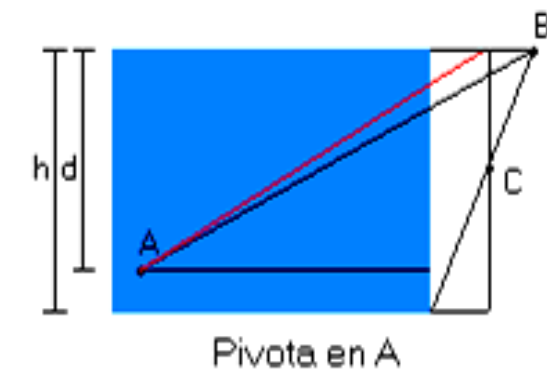
La posición de la fibra neutra es de X: 3,19 cm, pivotando la sección en A. Como se muestra en la Figura 23.

Sabiendo que $M_{Ed} = 41,72 \text{ KN}\cdot\text{m}$; y que $N_{Ed} = 0 \text{ KN}$

M1d	41,72 KN·m
M2d	41,72 KN·m

Al comprobar la zona de dimensionamiento resulta ser que se encuentra en Zona D. En esta zona no es necesaria armadura en la cara comprimida por lo que solo nos da el valor de la armadura necesaria en la cara traccionada (inferior)

En la Figura 22 se muestra el diagrama de interacción Axil-Flector donde se observa la zona de dimensionamiento:



Curvatura Positiva Zona C

Figura 23. Pivote en A

La cuantía de armado necesaria por cálculo es de:

As	0,0004271 m ²	2ø20
----	--------------------------	------

Comprobamos que esta armadura no sea inferior a los mínimos requeridos:

Para la cara traccionada los mínimos exigidos son:

- Control de fisuración(se hace una simplificación al ser una viga de sección rectangular sin axil aplicado):

$$A_{s,min} = \frac{0,2 \cdot K \cdot f_{ct,m} \cdot b \cdot h}{\sigma_s} = \frac{0,2 \cdot 0,65 \cdot 3,20996 \cdot 0,3 \cdot 0,25}{300} = 0,00010432 \text{ m}^2$$

- Mecánico:

$$A_{s,min} = \frac{W_1}{z} \cdot \frac{f_{ctm,fl}}{f_{yd}} = \frac{0,003125}{0,147} \cdot \frac{3,20996}{434,78} = 0,0001569 \text{ m}^2$$

- Geométrico:

$$A_{s,min} = \frac{2,8}{1000} \cdot A_c = \frac{2,8}{1000} \cdot 0,075 = 0,00021 \text{ m}^2$$

Comparando el valor de cálculo con estos valores de mínimos y con la armadura que nos había dado en el calculo de la flexión negativa; comprobamos que el mayor valor es el de cálculo -> **2ø20**

CARA INFERIOR DEL ZUNCHO	
As	2ø20

Por lo tanto, la armadura a disponer finalmente en las diferentes caras es de:

ARMADO DEL ZUNCHO		
As(cara superior)	3ø32	0,002413 m ²
As(cara inferior)	2ø20	0,000628 m ²

Para la comprobación de fisuración debemos hallar el flector máximo para la combinación característica y casi-permanente. Para el caso de ELScasi-permanente solo hemos hallado un caso de carga ya que la única sobrecarga que tenemos la multiplicamos por un factor de simultaneidad nulo; para el caso de ELS característico, tenemos las siguientes combinaciones:

- ELS : PP+CM+SC en toda la longitud
- ELSc : PP+CM+SC en uno de los vanos centrales
- ELSV : PP+CM+SC en un voladizo
- ELSc2 : PP+CM+SC en los dos vanos centrales
- ELSV2 : PP+CM+SC en los dos voladizos
- ELSvc : PP+CM+SC en un vano central y en un voladizo

En la Tabla 20 se adjuntan todos los esfuerzos hallados para las diferentes hipótesis de carga. Subrayando la máxima flexión para ambas combinaciones:

TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
2	0	ELScpermanente	Combination	0	-55,241	0	0	0	-71,1328
2	0,275	ELScpermanente	Combination	0	-54,726	0	0	0	-56,0124



2	0,55	ELScpermanente	Combination	0	-54,21	0	0	0	-41,0337	3	0	ELSV	Combination	0	-54,546	0	0	0	-40,6887
2	0	ELSc	Combination	0	-55,239	0	0	0	-71,1327	3	0,49	ELSV	Combination	0	-44,219	0	0	0	-16,491
2	0,275	ELSc	Combination	0	-54,724	0	0	0	-56,0128	3	0,98	ELSV	Combination	0	-33,892	0	0	0	2,6464
2	0,55	ELSc	Combination	0	-54,209	0	0	0	-41,0345	3	1,47	ELSV	Combination	0	-23,565	0	0	0	16,7236
2	0	ELSV	Combination	0	-55,576	0	0	0	-70,9724	3	1,96	ELSV	Combination	0	-13,238	0	0	0	25,7405
2	0,275	ELSV	Combination	0	-55,061	0	0	0	-55,7597	3	2,45	ELSV	Combination	0	-2,911	0	0	0	29,6972
2	0,55	ELSV	Combination	0	-54,546	0	0	0	-40,6887	3	0	ELScv	Combination	0	-54,546	0	0	0	-40,6887
2	0	ELScv	Combination	0	-55,576	0	0	0	-70,9724	3	0,49	ELScv	Combination	0	-44,219	0	0	0	-16,491
2	0,275	ELScv	Combination	0	-55,061	0	0	0	-55,7597	3	0,98	ELScv	Combination	0	-33,892	0	0	0	2,6464
2	0,55	ELScv	Combination	0	-54,546	0	0	0	-40,6887	3	1,47	ELScv	Combination	0	-23,565	0	0	0	16,7236
2	0	ELS2c	Combination	0	-56,478	0	0	0	-70,375	3	1,96	ELScv	Combination	0	-13,238	0	0	0	25,7405
2	0,275	ELS2c	Combination	0	-55,551	0	0	0	-54,971	3	2,45	ELScv	Combination	0	-2,911	0	0	0	29,6972
2	0,55	ELS2c	Combination	0	-54,624	0	0	0	-39,8218	3	0	ELS2c	Combination	0	-54,624	0	0	0	-39,8218
2	0	ELSV2	Combination	0	-57,288	0	0	0	-74,9361	3	0,49	ELS2c	Combination	0	-43,563	0	0	0	-15,766
2	0,275	ELSV2	Combination	0	-56,774	0	0	0	-59,2526	3	0,98	ELS2c	Combination	0	-32,502	0	0	0	2,8698
2	0,55	ELSV2	Combination	0	-56,259	0	0	0	-43,7107	3	1,47	ELS2c	Combination	0	-21,44	0	0	0	16,0855
2	0	ELScaracteristica	Combination	0	-58,528	0	0	0	-74,1784	3	1,96	ELS2c	Combination	0	-10,379	0	0	0	23,8813
2	0,275	ELScaracteristica	Combination	0	-57,601	0	0	0	-58,2107	3	2,45	ELS2c	Combination	0	0,682	0	0	0	26,257
2	0,55	ELScaracteristica	Combination	0	-56,674	0	0	0	-42,498	3	0	ELSV2	Combination	0	-56,259	0	0	0	-43,7107
3	0	ELScpermanente	Combination	0	-54,21	0	0	0	-41,0337	3	0,49	ELSV2	Combination	0	-45,932	0	0	0	-18,6741
3	0,49	ELScpermanente	Combination	0	-43,882	0	0	0	-17,0011	3	0,98	ELSV2	Combination	0	-35,605	0	0	0	1,3022
3	0,98	ELScpermanente	Combination	0	-33,554	0	0	0	1,9708	3	1,47	ELSV2	Combination	0	-25,277	0	0	0	16,2183
3	1,47	ELScpermanente	Combination	0	-23,226	0	0	0	15,882	3	1,96	ELSV2	Combination	0	-14,95	0	0	0	26,0742
3	1,96	ELScpermanente	Combination	0	-12,898	0	0	0	24,7325	3	2,45	ELSV2	Combination	0	-4,623	0	0	0	30,8698
3	2,45	ELScpermanente	Combination	0	-2,57	0	0	0	28,5223	3	0	ELScaracteristica	Combination	0	-56,674	0	0	0	-42,498
3	0	ELSc	Combination	0	-54,209	0	0	0	-41,0345	3	0,49	ELScaracteristica	Combination	0	-45,612	0	0	0	-17,4379
3	0,49	ELSc	Combination	0	-43,882	0	0	0	-17,0022	3	0,98	ELScaracteristica	Combination	0	-34,551	0	0	0	2,2022
3	0,98	ELSc	Combination	0	-33,555	0	0	0	1,9698	3	1,47	ELScaracteristica	Combination	0	-23,49	0	0	0	16,4222
3	1,47	ELSc	Combination	0	-23,228	0	0	0	15,8817	3	1,96	ELScaracteristica	Combination	0	-12,429	0	0	0	25,2222
3	1,96	ELSc	Combination	0	-12,901	0	0	0	24,7332	3	2,45	ELScaracteristica	Combination	0	-1,367	0	0	0	28,6022
3	2,45	ELSc	Combination	0	-2,574	0	0	0	28,5246	4	0	ELScpermanente	Combination	0	11,569	0	0	0	28,5223



4	0,49	ELScpermanente	Combination	0	21,897	0	0	0	20,3232	4	0,98	ELSV2	Combination	0	34,276	0	0	0	7,3997
4	0,98	ELScpermanente	Combination	0	32,225	0	0	0	7,0634	4	1,47	ELSV2	Combination	0	44,603	0	0	0	-11,9256
4	1,47	ELScpermanente	Combination	0	42,553	0	0	0	-11,2571	4	1,96	ELSV2	Combination	0	54,93	0	0	0	-36,3112
4	1,96	ELScpermanente	Combination	0	52,881	0	0	0	-34,6382	4	2,45	ELSV2	Combination	0	65,257	0	0	0	-65,7571
4	2,45	ELScpermanente	Combination	0	63,209	0	0	0	-63,0801	4	0	ELScaracteristica	Combination	0	10,366	0	0	0	28,6022
4	0	ELSc	Combination	0	11,572	0	0	0	28,5246	4	0,49	ELScaracteristica	Combination	0	21,427	0	0	0	20,8129
4	0,49	ELSc	Combination	0	21,899	0	0	0	20,3239	4	0,98	ELScaracteristica	Combination	0	32,488	0	0	0	7,6036
4	0,98	ELSc	Combination	0	32,226	0	0	0	7,0631	4	1,47	ELScaracteristica	Combination	0	43,55	0	0	0	-11,0257
4	1,47	ELSc	Combination	0	42,554	0	0	0	-11,258	4	1,96	ELScaracteristica	Combination	0	54,611	0	0	0	-35,075
4	1,96	ELSc	Combination	0	52,881	0	0	0	-34,6394	4	2,45	ELScaracteristica	Combination	0	65,672	0	0	0	-64,5444
4	2,45	ELSc	Combination	0	63,208	0	0	0	-63,081	5	0	ELScpermanente	Combination	0	63,209	0	0	0	-63,0801
4	0	ELSV	Combination	0	13,285	0	0	0	29,6972	5	0,275	ELScpermanente	Combination	0	63,724	0	0	0	-80,5334
4	0,49	ELSV	Combination	0	23,612	0	0	0	20,6576	5	0,55	ELScpermanente	Combination	0	64,24	0	0	0	-98,1284
4	0,98	ELSV	Combination	0	33,939	0	0	0	6,5578	5	0	ELSc	Combination	0	63,208	0	0	0	-63,081
4	1,47	ELSV	Combination	0	44,266	0	0	0	-12,6022	5	0,275	ELSc	Combination	0	63,723	0	0	0	-80,5338
4	1,96	ELSV	Combination	0	54,593	0	0	0	-36,8225	5	0,55	ELSc	Combination	0	64,237	0	0	0	-98,1283
4	2,45	ELSV	Combination	0	64,92	0	0	0	-66,103	5	0	ELSV	Combination	0	64,92	0	0	0	-66,103
4	0	ELScv	Combination	0	13,285	0	0	0	29,6972	5	0,275	ELSV	Combination	0	65,435	0	0	0	-84,0267
4	0,49	ELScv	Combination	0	23,612	0	0	0	20,6576	5	0,55	ELSV	Combination	0	65,95	0	0	0	-102,092
4	0,98	ELScv	Combination	0	33,939	0	0	0	6,5578	5	0	ELScv	Combination	0	64,92	0	0	0	-66,103
4	1,47	ELScv	Combination	0	44,266	0	0	0	-12,6022	5	0,275	ELScv	Combination	0	65,435	0	0	0	-84,0267
4	1,96	ELScv	Combination	0	54,593	0	0	0	-36,8225	5	0,55	ELScv	Combination	0	65,95	0	0	0	-102,092
4	2,45	ELScv	Combination	0	64,92	0	0	0	-66,103	5	0	ELS2c	Combination	0	63,623	0	0	0	-61,8683
4	0	ELS2c	Combination	0	8,316	0	0	0	26,257	5	0,275	ELS2c	Combination	0	64,55	0	0	0	-79,492
4	0,49	ELS2c	Combination	0	19,378	0	0	0	19,472	5	0,55	ELS2c	Combination	0	65,477	0	0	0	-97,3706
4	0,98	ELS2c	Combination	0	30,439	0	0	0	7,267	5	0	ELSV2	Combination	0	65,257	0	0	0	-65,7571
4	1,47	ELS2c	Combination	0	41,5	0	0	0	-10,3581	5	0,275	ELSV2	Combination	0	65,772	0	0	0	-83,7736
4	1,96	ELS2c	Combination	0	52,561	0	0	0	-33,4031	5	0,55	ELSV2	Combination	0	66,287	0	0	0	-101,9318
4	2,45	ELS2c	Combination	0	63,623	0	0	0	-61,8683	5	0	ELScaracteristica	Combination	0	65,672	0	0	0	-64,5444
4	0	ELSV2	Combination	0	13,622	0	0	0	30,8698	5	0,275	ELScaracteristica	Combination	0	66,599	0	0	0	-82,7318
4	0,49	ELSV2	Combination	0	23,949	0	0	0	21,6649	5	0,55	ELScaracteristica	Combination	0	67,526	0	0	0	-101,174



7	0	ELScpermanente	Combination	0	1,32E-14	0	0	0	0	7	1,2625	ELS2c	Combination	0	39,978	0	0	0	-25,2359
7	0,42083	ELScpermanente	Combination	0	13,326	0	0	0	-2,804	7	1,68333	ELS2c	Combination	0	53,303	0	0	0	-44,8638
7	0,84167	ELScpermanente	Combination	0	26,652	0	0	0	-11,2161	7	2,10417	ELS2c	Combination	0	66,629	0	0	0	-70,0996
7	1,2625	ELScpermanente	Combination	0	39,978	0	0	0	-25,2361	7	2,525	ELS2c	Combination	0	79,955	0	0	0	-100,9435
7	1,68333	ELScpermanente	Combination	0	53,304	0	0	0	-44,8642	7	0	ELSV2	Combination	0	1,098E-14	0	0	0	-1,775E-15
7	2,10417	ELScpermanente	Combination	0	66,63	0	0	0	-70,1004	7	0,42083	ELSV2	Combination	0	13,956	0	0	0	-2,9367
7	2,525	ELScpermanente	Combination	0	79,956	0	0	0	-100,9445	7	0,84167	ELSV2	Combination	0	27,913	0	0	0	-11,7467
7	0	ELSc	Combination	0	1,32E-14	0	0	0	0	7	1,2625	ELSV2	Combination	0	41,869	0	0	0	-26,4301
7	0,42083	ELSc	Combination	0	13,326	0	0	0	-2,804	7	1,68333	ELSV2	Combination	0	55,826	0	0	0	-46,9869
7	0,84167	ELSc	Combination	0	26,652	0	0	0	-11,2159	7	2,10417	ELSV2	Combination	0	69,782	0	0	0	-73,417
7	1,2625	ELSc	Combination	0	39,978	0	0	0	-25,2359	7	2,525	ELSV2	Combination	0	83,739	0	0	0	-105,7204
7	1,68333	ELSc	Combination	0	53,303	0	0	0	-44,8638	7	0	ELScaracteristica	Combination	0	1,143E-14	0	0	0	-1,109E-15
7	2,10417	ELSc	Combination	0	66,629	0	0	0	-70,0996	7	0,42083	ELScaracteristica	Combination	0	13,956	0	0	0	-2,9367
7	2,525	ELSc	Combination	0	79,955	0	0	0	-100,9435	7	0,84167	ELScaracteristica	Combination	0	27,913	0	0	0	-11,7467
7	0	ELSV	Combination	0	1,32E-14	0	0	0	0	7	1,2625	ELScaracteristica	Combination	0	41,869	0	0	0	-26,4301
7	0,42083	ELSV	Combination	0	13,326	0	0	0	-2,804	7	1,68333	ELScaracteristica	Combination	0	55,826	0	0	0	-46,9869
7	0,84167	ELSV	Combination	0	26,652	0	0	0	-11,2159	7	2,10417	ELScaracteristica	Combination	0	69,782	0	0	0	-73,417
7	1,2625	ELSV	Combination	0	39,978	0	0	0	-25,2359	7	2,525	ELScaracteristica	Combination	0	83,739	0	0	0	-105,7204
7	1,68333	ELSV	Combination	0	53,303	0	0	0	-44,8638	8	0	ELScpermanente	Combination	0	-70,282	0	0	0	-100,9445
7	2,10417	ELSV	Combination	0	66,629	0	0	0	-70,0996	8	0,475	ELScpermanente	Combination	0	-55,241	0	0	0	-71,1328
7	2,525	ELSV	Combination	0	79,955	0	0	0	-100,9435	8	0	ELSc	Combination	0	-70,28	0	0	0	-100,9435
7	0	ELScv	Combination	0	1,32E-14	0	0	0	0	8	0,475	ELSc	Combination	0	-55,239	0	0	0	-71,1327
7	0,42083	ELScv	Combination	0	13,326	0	0	0	-2,804	8	0	ELSV	Combination	0	-70,617	0	0	0	-100,9435
7	0,84167	ELScv	Combination	0	26,652	0	0	0	-11,2159	8	0,475	ELSV	Combination	0	-55,576	0	0	0	-70,9724
7	1,2625	ELScv	Combination	0	39,978	0	0	0	-25,2359	8	0	ELScv	Combination	0	-70,617	0	0	0	-100,9435
7	1,68333	ELScv	Combination	0	53,303	0	0	0	-44,8638	8	0,475	ELScv	Combination	0	-55,576	0	0	0	-70,9724
7	2,10417	ELScv	Combination	0	66,629	0	0	0	-70,0996	8	0	ELS2c	Combination	0	-72,231	0	0	0	-100,9435
7	2,525	ELScv	Combination	0	79,955	0	0	0	-100,9435	8	0,475	ELS2c	Combination	0	-56,478	0	0	0	-70,375
7	0	ELS2c	Combination	0	1,32E-14	0	0	0	-1,109E-16	8	0	ELSV2	Combination	0	-72,33	0	0	0	-105,7204
7	0,42083	ELS2c	Combination	0	13,326	0	0	0	-2,804	8	0,475	ELSV2	Combination	0	-57,288	0	0	0	-74,9361
7	0,84167	ELS2c	Combination	0	26,652	0	0	0	-11,2159	8	0	ELScaracteristica	Combination	0	-74,281	0	0	0	-105,7204



8	0,475	ELScaracteristica	Combination	0	-58,528	0	0	0	-74,1784	10	0,84167	ELSV	Combination	0	-72,944	0	0	0	-61,3945
9	0	ELScpermanente	Combination	0	64,24	0	0	0	-98,1284	10	1,2625	ELSV	Combination	0	-54,708	0	0	0	-34,5344
9	0,475	ELScpermanente	Combination	0	84,111	0	0	0	-133,3617	10	1,68333	ELSV	Combination	0	-36,472	0	0	0	-15,3486
9	0	ELSc	Combination	0	64,237	0	0	0	-98,1283	10	2,10417	ELSV	Combination	0	-18,236	0	0	0	-3,8372
9	0,475	ELSc	Combination	0	84,109	0	0	0	-133,3606	10	2,525	ELSV	Combination	0	-1,464E-15	0	0	0	9,295E-15
9	0	ELSV	Combination	0	65,95	0	0	0	-102,092	10	0	ELScv	Combination	0	-109,416	0	0	0	-138,1376
9	0,475	ELSV	Combination	0	85,821	0	0	0	-138,1376	10	0,42083	ELScv	Combination	0	-91,18	0	0	0	-95,9289
9	0	ELScv	Combination	0	65,95	0	0	0	-102,092	10	0,84167	ELScv	Combination	0	-72,944	0	0	0	-61,3945
9	0,475	ELScv	Combination	0	85,821	0	0	0	-138,1376	10	1,2625	ELScv	Combination	0	-54,708	0	0	0	-34,5344
9	0	ELS2c	Combination	0	65,477	0	0	0	-97,3706	10	1,68333	ELScv	Combination	0	-36,472	0	0	0	-15,3486
9	0,475	ELS2c	Combination	0	86,06	0	0	0	-133,3606	10	2,10417	ELScv	Combination	0	-18,236	0	0	0	-3,8372
9	0	ELSV2	Combination	0	66,287	0	0	0	-101,9318	10	2,525	ELScv	Combination	0	-1,464E-15	0	0	0	9,295E-15
9	0,475	ELSV2	Combination	0	86,158	0	0	0	-138,1376	10	0	ELS2c	Combination	0	-105,632	0	0	0	-133,3606
9	0	ELScaracteristica	Combination	0	67,526	0	0	0	-101,174	10	0,42083	ELS2c	Combination	0	-88,027	0	0	0	-92,6115
9	0,475	ELScaracteristica	Combination	0	88,11	0	0	0	-138,1376	10	0,84167	ELS2c	Combination	0	-70,421	0	0	0	-59,2714
10	0	ELScpermanente	Combination	0	-105,633	0	0	0	-133,3617	10	1,2625	ELS2c	Combination	0	-52,816	0	0	0	-33,3402
10	0,42083	ELScpermanente	Combination	0	-88,027	0	0	0	-92,6123	10	1,68333	ELS2c	Combination	0	-35,211	0	0	0	-14,8178
10	0,84167	ELScpermanente	Combination	0	-70,422	0	0	0	-59,2718	10	2,10417	ELS2c	Combination	0	-17,605	0	0	0	-3,7045
10	1,2625	ELScpermanente	Combination	0	-52,816	0	0	0	-33,3404	10	2,525	ELS2c	Combination	0	-2,352E-15	0	0	0	8,131E-15
10	1,68333	ELScpermanente	Combination	0	-35,211	0	0	0	-14,818	10	0	ELSV2	Combination	0	-109,416	0	0	0	-138,1376
10	2,10417	ELScpermanente	Combination	0	-17,605	0	0	0	-3,7045	10	0,42083	ELSV2	Combination	0	-91,18	0	0	0	-95,9289
10	2,525	ELScpermanente	Combination	0	-2,351E-15	0	0	0	8,352E-15	10	0,84167	ELSV2	Combination	0	-72,944	0	0	0	-61,3945
10	0	ELSc	Combination	0	-105,632	0	0	0	-133,3606	10	1,2625	ELSV2	Combination	0	-54,708	0	0	0	-34,5344
10	0,42083	ELSc	Combination	0	-88,027	0	0	0	-92,6115	10	1,68333	ELSV2	Combination	0	-36,472	0	0	0	-15,3486
10	0,84167	ELSc	Combination	0	-70,421	0	0	0	-59,2714	10	2,10417	ELSV2	Combination	0	-18,236	0	0	0	-3,8372
10	1,2625	ELSc	Combination	0	-52,816	0	0	0	-33,3402	10	2,525	ELSV2	Combination	0	-5,771E-16	0	0	0	9,24E-15
10	1,68333	ELSc	Combination	0	-35,211	0	0	0	-14,8178	10	0	ELScaracteristica	Combination	0	-109,416	0	0	0	-138,1376
10	2,10417	ELSc	Combination	0	-17,605	0	0	0	-3,7045	10	0,42083	ELScaracteristica	Combination	0	-91,18	0	0	0	-95,9289
10	2,525	ELSc	Combination	0	-2,352E-15	0	0	0	8,352E-15	10	0,84167	ELScaracteristica	Combination	0	-72,944	0	0	0	-61,3945
10	0	ELSV	Combination	0	-109,416	0	0	0	-138,1376	10	1,2625	ELScaracteristica	Combination	0	-54,708	0	0	0	-34,5344
10	0,42083	ELSV	Combination	0	-91,18	0	0	0	-95,9289	10	1,68333	ELScaracteristica	Combination	0	-36,472	0	0	0	-15,3486



10	2,10417	ELScaracteristica	Combination	0	-18,236	0	0	0	-3,8372
10	2,525	ELScaracteristica	Combination	0	-2,352E-15	0	0	0	1,235E-14

° Tensiones de tracción en las armaduras

Tabla 20. Esfuerzos del zuncho para ELS característico y casi-permanente

$\sigma_{s,m\acute{a}x}(N_{carac},M_{carac}) \geq -0,8 \cdot f_{yk} = -0,8 \cdot 500 = -400 \text{ MPa}$

III. Limitación de tensiones. ELS de fisuración

Los flectores máximos que se obtienen para las distintas combinaciones son:

ELS casipermanente	ELS característico
M _{máx}	M _{máx}
-133,362KN·m	-138,14KN·m

El momento de fisuración viene dado por:

$M_{fis} = -\frac{f_{ctm} \cdot I_b}{h/2} = -10,03 \text{ KN}\cdot\text{m}$

M _{fis}	-10,03 KN·m	FISURA
------------------	-------------	--------

Al ser $M_{fis} \leq M_{Ed}$, la sección fisura. Se calcula entonces la nueva posición de la firbra neutra y la

Inercia de la sección fisurada:

X	0,092 m
If	0,00023 m ⁴

Con la nueva Inercia se verifican limitación de tensiones:

Los datos que obtenemos del cálculo son:

os(característica)	-355,96 MPa
--------------------	-------------

Se verifica que:

Tensiones de tracción en las armaduras	
os,máx(car)>= -0,8·fyk	CUMPLE

Una vez comprobado limitación de tensiones pasamos a comprobar que la abertura de fisura no sea mayor que la máxima.

$W_k(N_{cp},M_{cp}) \leq W_{m\acute{a}x}$

Siendo:

$W_{m\acute{a}x} = 0,4 \text{ mm}$

(ya que la estructura se encuentra en una clase de exposición X0)

Operando llegamos a:

$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	0,001638
$Sr,máx$	0,1784 m
$Sr,máx'$	0,1413 m
Wk	0,2923 mm

$Wk(qp) \leq Wmáx$	CUMPLE
--------------------	---------------

Comprobamos así que pese a que la sección esté fisurada resiste.

8.3.3.3. SOLICITACIONES TANGENCIALES.DIMIENSIONAMIENTO DE ARMADURA CORTANTE

Para hallar la armadura de cortante del zuncho se debe encontrar el valor del máximo cortante y el valor del cortante situado a un canto útil. De la Tabla 19 se sacan estos valores. En la Figura 24 se muestra el diagrama de cortante del zuncho:

Para realizar el dimensionamiento tenemos que hallar el máximo cortante que se produce en la viga.

$$V_{Ed}(x = 0) = -147,86KN$$

$$V_{Ed}(x = d) = -134,332KN$$

IV. Agotamiento por compresiones en el alma

Suponemos que la armadura de cortante está dispuesta de forma vertical por lo que $\alpha=90^\circ$ y la $\cot\theta=1$.

Se debe comprobar que:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,máx} = \alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot b_{w,nom} \cdot z \cdot \frac{\cot \theta + \cot \alpha}{1 + \cot \alpha^2}$$

Los resultados obtenidos son:

σ_{cp}	0 KN·m
0,25fcd	5,83 MPa
0,5fcd	11,67 MPa
α_{cw}	1
v1	0,516 m
bw	0,275 m
z	0,114 m
VRd,max	377,45 KN

Como $V_{Ed} \leq V_{Rd,máx}$, la sección resiste por agotamiento por compresión en el alma.

V. Agotamiento por tracción en el alma

En este caso se iguala $V_{Ed}(x = d) = -136,62 KN$ a $V_{Rd,s}$; para hallar la cuantía necesaria de armadura de cortante:



$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

Despejando se obtiene que:

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0,002757 \, m^2$$

VI. Armadura mínima de cortante

Se debe comprobar que la armadura hallada sea al menos como la mínima necesaria:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} \geq \rho_{w,min} = \frac{f_{ctm}}{7,5 \cdot f_{yk}}$$

Despejando se obtiene que:

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0,0002354 \, m^2 < 0,002757 \, m^2$$

Por ello nos quedamos con la armadura que nos había salido por cálculo de agotamiento de tracción en el alma.

Teniendo en cuenta que los cercos de cortante tienen dos ramas y los redondos son de 10 mm, se obtiene la cuantía total de corte:

Armado transversal	
A _{sw} /s	0,002757m
nº ramas	2
ø' (mm)	10
Sep. Cercos	0,06 m

9. RESUMEN DEL ARMADO

A continuación se exponen unas tablas resumen con todo el armado de las secciones analizadas en este anejo, para así poder ver de forma más visual la armadura de todas las secciones resistentes analizadas:

ARMADO DE LA ESTRUCTURA			
VIGA	PRETENSADO	2 cables de 19 torones-> 0,0057 m²	
	FLEXIÓN LONGITUDINAL	CARA INFERIOR DE LA VIGA	4ø20
		CARA SUPERIOR DE LA LOSA	ø20/30
		CARA SUPERIOR DE LA VIGA	4ø20
		CARA INFERIOR DE LA LOSA	ø12/16
	FLEXIÓN TRANSVERSAL	CARA SUPERIOR DE LA LOSA	ø20/18
		CARA INFERIOR DE LA LOSA	ø10/8
	CORTANTE	TRAMO CENTRAL DE 9,44 m	ø10/12
		RESTO DE LA VIGA	ø12/14
ESCALERAS	ZONA DE RAMPA	CARA SUPERIOR	20ø12
		CARA INFERIOR	47ø12
		ARMADO TRANSVERSAL	16ø12
	ZONA DE RELLANO	CARA SUPERIOR	77ø12
		CARA INFERIOR	20ø12
		ARMADO TRANSVERSAL	14ø12
ZUNCHO		CARA INFERIOR	2ø20
		CARA SUPERIOR	3ø32
		CORTANTE	ø10/6



RAMPA LENTA						
nº secciones	1-3-4-5-7-9-13-14-15-17-19-21-22-23-25	2-8 24	11	6-16-20	10-18	12
Arm. Sup	10ø16	15ø16	10ø16	23ø16	27ø16	34ø16
Arm.Inf	10ø16	10ø16	28ø16	10ø16	10ø16	10ø16

RAMPA RÁPIDA						
nº secciones	2-3-4	1-5	6-8	7-11	9	10
Arm. Sup	10ø25	10ø16	30ø25	10ø16	10ø16	18ø25
Arm.Inf	10ø16	10ø25	10ø16	15ø25	21ø25	10ø16