

DISEÑO Y CÁLCULO DE UN SILO DE HORMIGÓN POSTESADO EN BENI SUEF (EGIPTO).

PARTE III-ANEJO CIMENTACIÓN

Alumno: Manuel Rios Bort

Universidad Politécnica de Valencia

ETSI Caminos, Canales y Puertos de Valencia

Grado en Ingeniería de Obras Públicas

Curso 2013/2014

Fecha de presentación: Julio 2014





DISEÑO Y CALCULO DE UN SILO DE HORMIGÓN POSTESADO EN BENI SUEF (EGIPTO)

Alumno:

Manuel Rios Bort

Dirigido por:

Prof. Carlos Miguel Gisbert Doménech (Depto. Ingeniería de la Construcción, UPV)

29/06/2014



0. INDICE

0. Índice	3
1. Estudio geotécnico.....	4
1.1 Resultados del estudio	4
1.2 Condiciones geotécnicas	4
1.3 Recomendaciones geotécnicas	4
1.4 Selección del tipo de cimentación	5
2. Cargas actuantes.....	6
3. Modelo de cálculo.....	8
4. Pre-dimensionamiento	9
5. Cálculo de la zapata	11
5.1 Cálculo de la rigidez	11
5.2 Clasificación de la zapata	11
5.3 Estado límite de equilibrio	12
5.4 E.L.U frente a sollicitaciones normales	12
5.5 E.L.S de fisuración	15
5.6 E.L.U frente a sollicitaciones tangenciales	17

1. ESTUDIO GEOTÉCNICO

1.1. RESULTADOS DEL ESTUDIO

Como se ha comentado, uno de los datos aportados al inicio de este trabajo final de grado, es el resultado del análisis geotécnico del terreno.

El estudio geotécnico ha consistido en:

- 15 sondeos mecánicos de hasta 20 m de profundidad
- 3 test para medir la resistividad eléctrica del terreno
- Estudios in-situ y laboratorio

La estratigrafía resultante del análisis de los datos obtenidos del estudio geotécnico, es la siguiente:

El terreno sobre el que asienta el silo esta compuesto principalmente por roca caliza con capas de limos arcillosos intercaladas.

1.2. CONDICIONES GEOTÉCNICAS

Del estudio geotécnico se desprenden una serie de datos que cabe tener en cuenta para la elección y diseño del tipo de cimentación. Así pues:

- La roca caliza existente es de dureza media que varia entre $q_u=50-500 \text{ kg/m}^2$
- Índice RQD variable entre 25-50% que clasifica la roca como de baja calidad

1.3. RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS

Por el tipo de composición del terreno será necesario para la elaboración del hormigón de la cimentación, la utilización de cemento resistente a los sulfatos con una dosificación de 350 kg/m^3 y de 200 kg/m^3 para conformar el hormigón de limpieza.

En caso de encontrar capas de limo arcilloso, estas se retirarán y se rellenará el espacio con hormigón pobre hasta llegar a la roca caliza.

El recubrimiento de las armaduras de cimentación deberá ser al menos de 7 cm.

La capacidad resistente del terreno bajo el silo varía entre 1-7 metros con niveles de entre $q=9-12 \text{ kg/m}^2$. Es por eso que para el cálculo se utilizará un valor de tensión admisible del terreno de 9 kg/cm^2 .

1.4. SELECCIÓN DEL TIPO DE CIMENTACIÓN

Para la elección del tipo cimentación, se han tenido en cuenta diversos factores.

En primer lugar, el tipo de estructura que deberá soportar, el uso previsto para la misma y las cargas que esta le va a transmitir.

En segundo lugar el tipo de terreno, composición y capacidad portante del mismo. Datos que como se ha comentado anteriormente, se han extraído del estudio geotécnico realizado.

Conocidos los distintos condicionantes que pueden influir, y realizados los cálculos y comprobaciones pertinentes, los cuales se mostrarán en el siguiente apartado, se puede concluir que:

La cimentación será de tipo superficial, y consistirá en una zapata corrida en forma de anillo que recorrerá todo el diámetro del muro.

Además se construirá una losa bajo el silo para soportar las cargas verticales del relleno interior del silo y las cintas transportadoras.

Tanto las zapatas como la losa se construirán con hormigón armado.

Las dimensiones de los elementos, y demás características para la definición completa del sistema de cimentación se pueden observar en el plano P06_06 CIMENTACIÓN

2. CARGAS ACTUANTES

La función que debe cumplir la cimentación, es la de transmitir las cargas procedentes de la estructura hacia en terreno, de forma que ambos puedan cumplir su función resistente sin problemas.

Las cargas a tener en cuenta en el cálculo de la cimentación son las siguientes:

- Peso propio del muro del silo y de la zapata
- Peso del relleno del silo
- Carga debida al rozamiento entre el Clinker-muro.
- Peso de las tierras sobre la cimentación

La fuerza que se opondrá a las anteriores y que permitirá alcanzar el equilibrio del sistema será la generada por el propio terreno sobre el fondo de la cimentación.

Los valores de cálculo de las cargas son los siguientes:

Peso propio del muro y la zapata

El muro está compuesto por un tramo de 4,10 m de altura y espesor 80 cm y otro de 40 cm de espesor y una altura de 30,95 m.

$$P_{m1} = 25 \times 4,1 \times 0,80 = 96 \text{ Kn/m}$$

$$P_{m2} = 25 \times (35,05 - 4,10) \times 0,4 = 302,5 \text{ Kn/m}$$

$$P_z = 25 \times 6,8 \times 1 = 170 \text{ Kn/m}$$

Peso del relleno del silo

El peso del relleno que va a tener que soportar la zapata es el debido al de todo el material que se encuentra en la vertical sobre el ancho de la zapata.

Así pues, teniendo en cuenta que la zapata descontando el espesor del muro tendrá un ancho por su parte interior de 4 m y que el Clinker tiene $\gamma = 15 \text{ KN/m}^3$.

$$P_{relleno} = 15 \times 35,05 \times 4 = 2103 \text{ KN/m}$$

Carga debida al rozamiento Clinker-muro(t)

Entre el muro y el relleno se establece un rozamiento debido a la fricción entre el hormigón y Clinker, este rozamiento (t) se transmite al muro y es soportado por la cimentación como una carga puntual.

La fuerza total (t) será la debida a la fricción en la totalidad del muro; en la hoja de cálculo se ha obtenido el cálculo de (t) en función de la profundidad, de la cual se adjunta la columna con los resultados.

Profundidad	t	Profundidad	t
m	kN/m2	m	kN/m2
1	5,37	18	86,25
2	11,54	19	89,26
3	17,46	20	92,16
4	23,15	21	94,95
5	28,62	22	97,63
6	33,88	23	100,21
7	38,94	24	102,68
8	43,79	25	105,06
9	48,46	26	107,35
10	52,95	27	109,55
12	57,26	28	111,66
11	61,41	29	113,69
12	65,39	30	115,64
13	69,22	31	117,52
14	72,90	32	119,32
15	76,44	33	121,05
16	79,84	34	122,72
17	83,10	35	124,32

Por lo tanto, la fuerza resultante total a tener en cuenta para el cálculo de la cimentación, teniendo en cuenta que su distribución crece uniformemente con la profundidad y que por tanto será de tipo triangular:

$$(t) = (124,32 \cdot 35,05) / 2 = 2178,70 \text{ KN/m}$$

Peso del relleno de tierras sobre la cimentación

Este se desprecia en el cálculo ya que al tratarse de una cimentación de tipo superficial, el peso total del relleno de tierras es insignificante al lado de los esfuerzos provocados por las otras cargas.

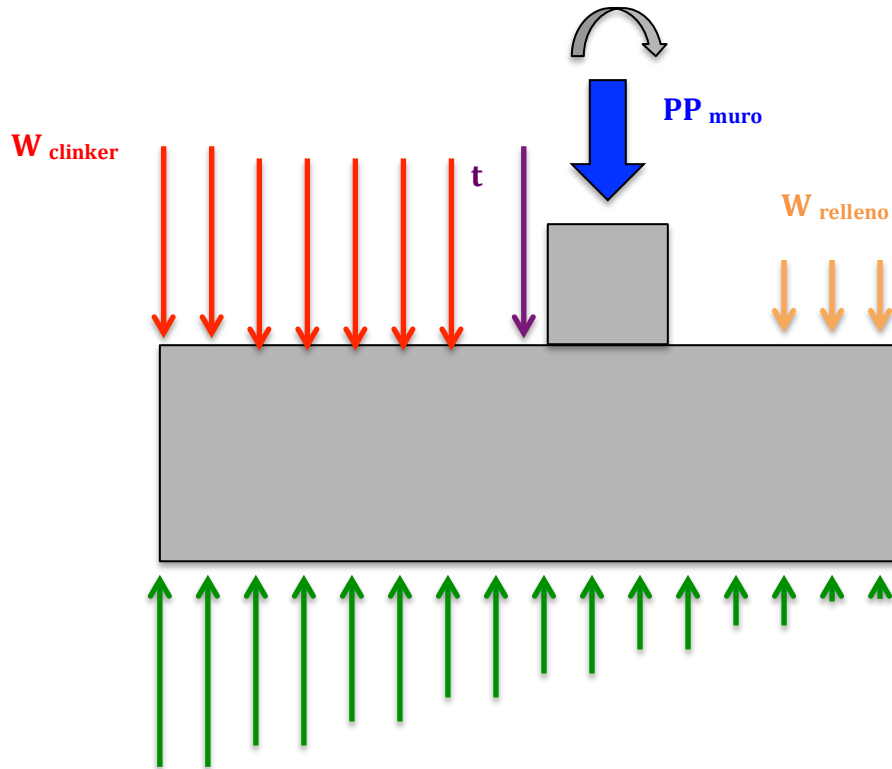
Además no se prevé la colocación de sobrecargas en el lado exterior.

Por tanto, conocidas las cargas que actúan sobre la cimentación, se va a realizar la combinación de acciones para ELS y ELU en situación persistente.

COMBINACIÓN DE ESFUERZOS							
ESFUERZOS SOBRE LA ZAPATA							
PESO PROPIO MURO		PESO DEL CLINKER		FUERZA DE ROZAM		PESO PROPIO ZAPATA	
N(Kn)	M (Knm)	N(Kn)	M (Knm)	N(Kn)	M (Knm)	N(Kn)	M (Knm)
398,5	0	2103,00	0	2178,7	0	170	0
COMBINACIÓN PARA E.L.S CUASIPERMANENTE							
N		4850,20					
COMBINACIÓN PARA E.L.U							
N		7190.025					

3. MODELO DE CÁLCULO

Para el análisis y cálculo de las zapatas, hay que tener en cuenta que se trata de una zapata corrida. Conocidos los esfuerzos que actúan sobre la zapata, el modelo de cálculo real será el siguiente:



Para realizar el cálculo de la zapata, vamos a despreciar el peso del relleno exterior sobre la zapata ya que como se ha citado anteriormente, el espesor será reducido y por tanto el valor de la carga que afecta a la cimentación es muy reducido.

Por otro lado, como simplificación para el cálculo, no se va a tener en cuenta el momento que se genera en el muro ya que al tratarse de una zapata corrida, que forma un círculo cerrado, dicho momento quedará compensado.

4. PRE-DIMENSIONAMIENTO

Los valores de las acciones anteriormente mencionados, dependerán de la geometría de la zapata. Puesto que se trata de un dato desconocido, simultáneamente al cálculo de las acciones se ha tenido que realizar el dimensionamiento geométrico de la zapata, el cual se expone a continuación.

En primer lugar, hay que tener en cuenta que la tensión máxima admisible del terreno que se desprende de los resultados del estudio geotécnico es de 900 Kn/m^2 .

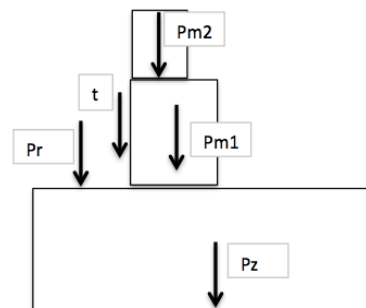
Por lo tanto, el nivel de presiones que ejercerá el terreno sobre el fondo de la cimentación no puede ser superior a dicho valor.

Así pues, conociendo las acciones intervinientes, se ha realizado un cálculo iterativo para obtener la geometría que mas se adecue al tipo de terreno y acciones que la cimentación deberá soportar.

Se han establecido dos casos de carga, un primer caso considerando el silo totalmente lleno y un segundo caso, cuando este se encuentra vacío. Para cada caso se ha obtenido la distribución de presiones que ejerce el terreno sobre la cimentación.

Los cálculo se pueden observar en 03c_HOJA DE CÁLCULO CIMENTACIÓN. A continuación se exponen los resultados obtenidos.

PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LA ZAPATA					
CASO 1: SILO COMPLETAMENTE CARGADO					
EVALUACIÓN DE ACCIONES			PARAMETROS GEOMETRICOS		
(Kn/m)			(m)		
Pr	2103		T	4	
Pm1	96		e2	0,8	
Pm2	302,5		V	2	
t	2178,7		h	1	
Pz	170		e1	0,4	
Esfuerzos resultantes					
R	4850,2	(Kn/m)	er	3,13218012	(m)
Ma	15191,7	(Knm)	b	6,8	(m)
Mr (E.L.S)	1298,98	(Knm)	Mr (E.L.U)	1925,63	(Knm)
Distribución de presiones					
σ1	881,817474	(Kn/m²)	<	(Kn/m2)	900
σ2	544.711938	(Kn/m²)	<		σ adm

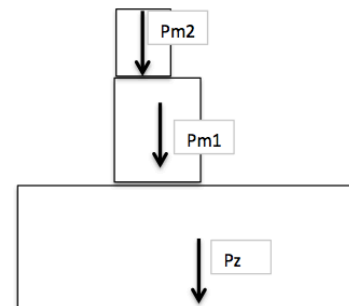


CASO 1: SILO COMPLETAMENTE VACIO

EVALUACIÓN DE ACCIONES		PARAMETROS GEOMETRICOS	
	(Kn/m)		(m)
Pr	0	T	4
Pm1	96	e2	0,8
Pm2	302,5	V	2
t	0	h	1
Pz	170	e1	0,4

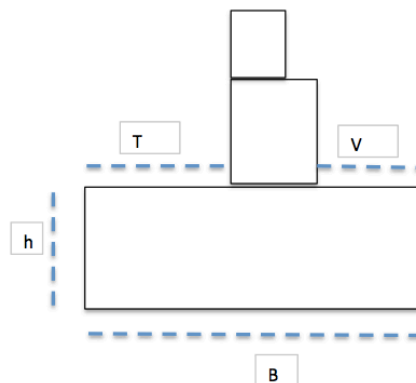
Esfuerzos resultantes					
R	568,5	(Kn/m)	er	3,99454705	(m)
Ma	2270,9	(Knm)	b	6,8	(m)
Mr (E.L.S)	-338	(Knm)	Mr (E.L.U)	-456,3	(Knm)

Distribución de presiones					
σ_1	39,7448097	(Kn/m ²)	<	(Kn/m ²)	900
σ_2	127,461073	(Kn/m ²)	<		σ_{adm}



DIMENSIONES FINALES DE LA ZAPATA CORRIDA

	(m)
B	6,8
h	1
T	4
V	2



5. CÁLCULO DE LA ZAPATA

El cálculo se realizará sobre el modelo de cálculo que se ha expuesto con anterioridad, su objetivo se centrará en conocer las reacciones del terreno frente a los esfuerzos a los que se verá sometido, para comprobar si va a ser capaz de resistirlos y la obtención del armado de la zapata.

5.1. CLASIFICACIÓN DE LA RIGIDEZ

Atendiendo a la geometría establecida, clasificaremos el tipo de zapata en función de la rigidez de la misma para establecer así las comprobaciones y cálculos a realizar.

Dimensiones de la zapata según el pre-dimensionamiento realizado son:

Canto $h = 1,00 \text{ m}$

Vuelo máximo $T = 4 \text{ m}$

Se considera ZAPATA RÍGIDA Si $2h > V$; sino será ZAPATA FLEXIBLE.

Comprobación: $2 \cdot 1,00 = 2,00 \text{ m} < 4 \text{ m}$; por lo tanto la zapata será considerada como FLEXIBLE.

5.2. DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES DEL TERRENO

A continuación, se va a exponer como se han obtenido los valores de la distribución de presiones del terreno que ha permitido el dimensionamiento geométrico de la zapata. Según los esfuerzos que está transmitiendo la estructura, la distribución de tensiones que deberá actuar como respuesta será:

$$\sigma_1 = \frac{N}{h} + \frac{6M}{h^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{N}{h} - \frac{6M}{h^2}$$

Por tanto , a partir de los esfuerzos de axil y momento obtenidos para cada comprobación ha realizar de estado limite, los valores máximo y mínimo de presiones que actuarán sobre la zapata serán:

DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES EN EL TERRENO		
	(Kn)	M (Knm)
N (E.L.S) CUASIPERM	4850,20	1298,98
N (E.L.U)	7190,025	1925,63
b (m)	6,8	
		σ_1
		Kn/m ²
N (E.L.S) CUASIPERM		881,82
N (E.L.U)		1307,22
		σ_2
		Kn/m ²
		544,71
		807,49

Los cálculos se han realizado para el caso en que el silo se encuentra totalmente lleno, ya que en este las presiones serán críticas y se pueden observar en 03c_HOJA DE CÁLCULO CIMENTACIÓN

Podemos decir que el terreno soportará los esfuerzos a los que se verá sometido por parte de la estructura, ya que la tensión admisible del terreno es de 900 Kn/m^2 , la cual está por encima de las tensiones a las que se verá sometido el terreno..

5.3. ESTADO LIMITE DE EQUILIBRIO

Conocida la distribución de presiones que actuará sobre la cimentación y la geometría del elemento, la primera comprobación ha realizar será la de conocer si la zapata despegará o si por el contrario se encontrará en equilibrio.

Para comprobarlo, la EHE 08 establece que la zapata no despegará si:

$$e^* = M^* / N^* \leq b/6$$

Para la comprobación de estados limite ultimo y de servicio, los resultados obtenidos del cálculo que se puede observar en 03c_HOJA DE CÁLCULO CIMENTACIÓN son;

COMPROBACIÓN DEL ESTADO LIMITE DE EQUILIBRIO								
E.L.S	Nd*	4850,20	e	0,27	≤	1,13	b/6	NO DESPEGA
	Md*	1298,98						
E.L.U	Nd*	7190,025	e	0,27	≤	1,13	b/6	NO DESPEGA
	Md*	1925,63						

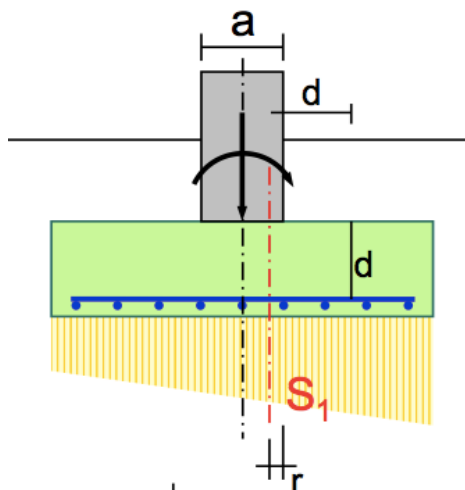
b= 6,8 m

5.4. E.L.U FRENTE A SOLICITACIONES NORMALES

Conocido el nivel presiones que debe efectuar el terreno para que el sistema se encuentre en equilibrio, podemos dimensionar la armadura necesaria a disponer en la zapata para soportar dichas presiones.

A partir de la distribución de presiones para E.L.U, podemos obtener el esfuerzo que esta presión genera sobre una sección S_1 de referencia, que se encuentra a una distancia $r=0.15 \cdot a$ del eje de simetría de la zapata. Siendo a el espesor del muro.

El cálculo se realizará para dimensionar por una parte, el talón exterior de la zapata, y por otra, el talón interior de la misma. Ya que ambos talones se encuentran sometidos a tensiones y esfuerzos de distinta magnitud y su geometría es distinta.



Los esfuerzos en la sección S_1 , para el cálculo de la armadura del talón exterior serán:

OBTENCIÓN DE ESFUERZOS EN S_1		Md	Vd	Nd
		Knm	Kn	Kn
(E.L.S) CUASIPERM		915,72	1128,73	0,00
(E.L.U)		1357,47	1673,24	0,00

a (m)	0,8
r (hormigón)	0,12
x' (m)	0,28
x (m)	1,72
V (m)	2

Para la obtención de dichos esfuerzos se ha tenido en cuenta tan solo las presiones ejercidas por el terreno.

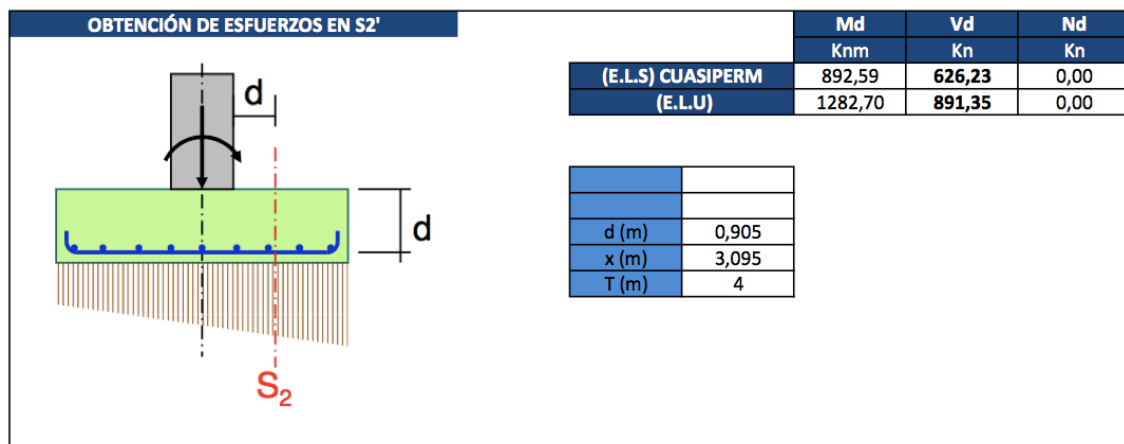
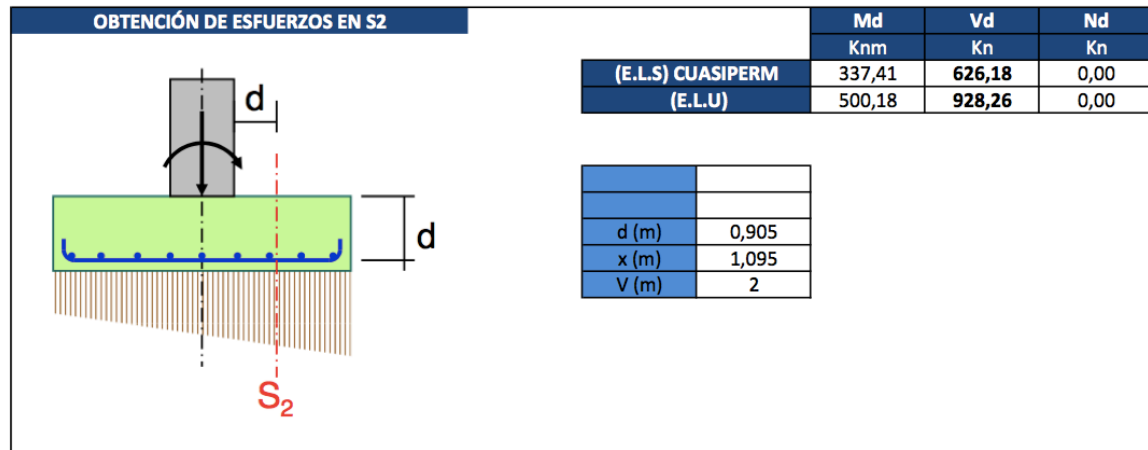
Los esfuerzos en la sección S_1' , para el cálculo de la armadura de talón interior serán:

OBTENCIÓN DE ESFUERZOS EN S_1'		Md	Vd	Nd
		Knm	Kn	Kn
(E.L.S) CUASIPERM		856,13	1177,36	0,00
(E.L.U)		1205,55	1708,37	0,00

a (m)	0,8
r (hormigón)	0,12
x' (m)	0,28
x (m)	3,72
T (m)	4

A partir de estos esfuerzos, se ha obtenido el armado necesario en la dirección longitudinal y transversal para E.L.U frente a sollicitaciones normales.

Para la obtención de la armadura necesaria para resistir los esfuerzos cortantes, la EHE 08 indica, que se tomará como sección de referencia S_2 , la cual estará situada a un canto útil del paramento del muro. Los esfuerzos tanto para el talón exterior como interior al silo son:



El cálculo con el que se ha obtenido el armado se puede observar en la 03c_HOJA DE CALCULO CIMENTACION.

Para establecer el armado final a disponer, se han obtenido los valores de armado mínimo por criterios geométricos para losas que establece la EHE-08 y criterios mecánicos para casos de flexión simple y secciones rectangulares de hormigón armado.

Los resultados del armado obtenidos son los que se pueden observar en la siguiente tabla.

CÁLCULO DE LA ARMADURA LONGITUDINAL								
	Armadura longitudinal por cálculo							
	COMBINACION							
SECCIÓN V	E.L.U	38,59	cm ²					
SECCIÓN T	E.L.U	37,00	cm ²					
SECCIÓN	Necesaria		Mínima geométrica		Mínima mecánica		Armadura a disponer	
	LONG		LONG	TRANS	LONG	TRANS	LONG	TRANS
ZAPATA	75,59		61,20	61,20	104,41	61,20	104,41	61,20
SV	38,59		21,60	21,60	36,85	21,60	38,59	21,60
ST	37,00		39,60	39,60	67,56	39,60	67,56	39,60

5.5. E.L.S FISURACIÓN

La comprobación se realizará frente a solicitaciones del tipo normal, para ello comprobaremos que no se produzcan fisuras por compresión ni tracción.

APARICIÓN DE FISURAS POR COMPRESION

Comprobar que:

$$\sigma_c \leq 0,60 f_{ck,j} \text{ siendo; } \sigma_c = \frac{M_d}{I} x$$

Del cálculo realizado en 03c_HOJA DE CÁLCULO CIMENTACIÓN se puede observar que cumple con las prescripciones expuestas en ambas secciones.

APARICIÓN DE FISURAS POR COMPRESIÓN			
fck,j	25		
Md	847,780643		
If	198,293547		
x	0,10102056	0,43	≤ 0,6 fck,j 15
b	6,8		
h	1		NO FISURA

Según el Anejo 8 para ρ ₂ =0		x	0,10102056
d	0,905	As1	38,59
n	7,3356695	Ec	27264,0418
ρ ₁	0,00062703	Es	200000

APARICIÓN DE FISURAS POR COMPRESIÓN			
fck,j	25		
Md	856,13		
If	190,777174		
x	0,09902523	0,44	≤ 0,6 fck,j 15
b	6,8		
h	1		NO FISURA

Según el Anejo 8 para ρ ₂ =0		x	0,09902523
d	0,905	As1	37,00
n	7,3356695	Ec	27264,0418
ρ ₁	0,00060131	Es	200000

APARICIÓN DE FISURAS POR TRACCIÓN

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

$$W_K \leq W_{MAX}$$

Donde:

W_K = Abertura de fisura característica

W_{MAX} = Abertura máxima de fisura definida en la tabla 5.1.1.2

Tabla 5.1.1.2

Clase de exposición, según artículo 8º	$w_{máx}$ [mm]	
	Hormigón armado (para la combinación cuasipermanente de acciones)	Hormigón pretensado (para la combinación frecuente de acciones)
I	0,4	0,2
Ila, IIb, H	0,3	0,2 ⁽¹⁾
IIla, IIlb, IV, F, Qa ⁽²⁾	0,2	Descompresión
IIlc, Qb ⁽²⁾ , Qc ⁽²⁾	0,1	

Esta comprobación sólo debe realizarse cuando la tensión en la fibra más traccionada supere la resistencia media a flexotracción de acuerdo con el artículo 39.1 de la EHE08. El cual indica que el valor de la resistencia a flexotracción, $f_{ct,m,fl}$, viene dada por la siguiente expresión que es función del canto total del elemento h en mm:

$$f_{ct,m,fl} = \max\{(1,6 - h/1000)f_{ct,m}; f_{ct,m}\}$$

Siendo; $f_{ct,m} = 0,30f^{2/3}$ para $f \leq 50 \text{ N/mm}^2$

La abertura de fisura se calculará mediante la expresión:

$$W_K = \beta S_m \varepsilon_{sm}$$

Donde:

β = Coeficiente que relaciona la abertura media de fisura con el valor característico y vale 1,3 para fisuración producida por acciones indirectas solamente y 1,7 para el resto de los casos.

S_m = Separación media de fisuras, expresada en mm.

ε_{sm} = Alargamiento medio de las armaduras, teniendo en cuenta la colaboración del hormigón entre fisuras.

Los cálculos se pueden observar en 03c_HOJA DE CALCULO CIMENTACIÓN, los resultados obtenidos indican que se extrae que la zapata no va a fisurar y que por tanto no es necesario obtener la abertura máxima de fisura.

COMPROBACIÓN E.L.S FISURACIÓN					
SECCION V					
Comprobación de fisuración					
h	1000		fctm	2,56496392	
fck	25		fctm*	-0,9649639	
lb	0,42			2,56496392	fctm,fl
Mcr	2137,47	>	847,78	M1d	NO FISURA

APARICIÓN DE FISURAS POR TRACCIÓN
No es necesaria su comprobación

COMPROBACIÓN E.L.S FISURACIÓN					
SECCION T					
Comprobación de fisuración					
h	1000	fctm	2,56496392		
fck	25	fctm*	-0,9649639		
lb	0,42		2,56496392	fctm,fl	
Mcr	2137,47	>	856,13	M1d	NO FISURA

APARICIÓN DE FISURAS POR TRACCIÓN
No es necesaria su comprobación

5.6. E.L.U FRENTE A CORTANTE

La resistencia a tensiones tangenciales en las zapatas y encepados flexibles, en la proximidad de cargas o reacciones concentradas (soportes y pilotes), se comprobará a cortante como elemento lineal y a punzonamiento.

La zapata o encepado se debe comprobar a cortante de acuerdo con lo establecido en el Artículo 44, en la sección de referencia S2.

La sección de referencia S2 se situará a una distancia igual al canto útil, contado a partir de la cara del soporte, muro, pedestal o a partir del punto medio de la cara del soporte y el borde de la placa de acero, cuando se trata de soportes metálicos sobre placas de reparto de acero. Esta sección de referencia es plana, perpendicular a la base de la zapata o encepado y tiene en cuenta la sección total de dicho elemento de cimentación.

La EHE08 en su artículo 44 establece que la comprobación a realizar será la siguiente:

$$V_d \leq V_{cu} > V_{u2,min}$$

Siendo:

V_{cu} la contribución del hormigón a la resistencia al esfuerzo cortante, y que se obtiene con la siguiente formula.

$$V_{cu} = \left[\frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_l f_{cv})^{1/3} + 0,15 \alpha_l \sigma'_{cd} \right] \beta b_0 d$$

$V_{u2,min}$ el esfuerzo frente a cortante por tracción en el alma y que para piezas sin armadura de cortante y con la sección fisurada se obtiene de la siguiente expresión.

$$V_{u2} = \left[\frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$$

Al igual que en los apartados anteriores, los cálculos se han realizado en 03c_HOJA DE CÁLCULO CIMENTACIÓN, de la cual se extrae que será necesaria armadura para resistir los esfuerzos cortantes.

E.L.U SOLICITACIONES TANGENCIALES									
Sección 1									
Vd	928,26	≤	Vcu	351,36	>	Vu2 min	403,28		
Vu2 min		403,28	Vcu		351,36				
As	38,59	≤	2	Puesto que Vcu < Vd será necesario disponer armadura transversal para resistir esfuerzos cortantes.					
γc	1,5								
ξ	1,47								
ρ _l	0,00426378								
f _{cv}	25								
b ₀	1								
d	0,905	≤	0,02						
				Vsu (Kn)		576,90			
				fyad (Mpa)		400			
				Asα=(Vsu) / (0,9 x d x fyad)		8,51	(cm2/m)		

E.L.U SOLICITACIONES TANGENCIALES									
Sección 1									
Vd	928,26	≤	Vcu	351,36	>	Vu2 min	403,28		
Vu2 min	403,28		Vcu	351,36					
As	38,59	≤	2	Puesto que $V_{cu} < V_d$ será necesario disponer armadura transversal para resistir esfuerzos cortantes.					
γc	1,5								
ξ	1,47								
ρ _l	0,00426378								
f _{cv}	25								
b ₀	1								
d	0,905	≤	0,02						
				Vsu (Kn)		576,90			
				fyad (Mpa)		400			
				Asα=(Vsu) / (0,9 x d x fyad)		8,51		(cm2/m)	

Obtenida la armadura mínima por criterios mecánicos, el armado que se deberá introducir para resistir esfuerzos tangenciales en la zapata será:

CORTANTE				
SV	8,51	8,55	8,55	cm ² /m
ST	9,01	8,55	9,01	cm ² /m

La armadura de diseño que se dispondrá para soportar esfuerzos normales y tangenciales se puede observar en el apartado de resultados de la memoria.

