



ANEJO II: DISEÑO GEOTÉCNICO

López García, Alberto



ÍNDICE

1. Descripción de la estructura
2. Normativa
3. Cimentación empleada
4. Plano de cimentación
5. Cálculos realizados
6. Comprobaciones a realizar para zapata de medianería
 - 6.1. Comprobación frente a hundimiento
 - 6.2. Comprobación de asientos
7. Resultados obtenidos
8. Comprobaciones a realizar para zapatas aisladas
 - 8.1. Comprobación frente a hundimiento
 - 8.2. Comprobación de asientos
 - 8.3. Comprobación a deslizamiento
 - 8.4. Comprobación a vuelco
9. Resultados obtenidos
10. Modelo de Sap empleado



1. Descripción de la estructura

La estructura para la cual se va a realizar la cimentación en este documento es un arco de hormigón armado que sigue la ecuación de una parábola. El arco tiene una sección de 0,5 metros de base y 0,7 metros de canto. Debido a que la función parabólica no es antifunicular de las cargas, el arco necesita armadura para resistir la flexión que aparezca en el mismo.

El arco se ha diseñado articulado en un extremo y mediante un carrito en el otro extremo, por lo que será necesario un elemento intermedia que sea capaz de llevarse los empujes del arco.

Los empujes que se producirán en los extremos del arco vienen derivado de que la directriz del mismo tiene un ángulo de inclinación con la horizontal de 47° , con lo que el esfuerzo axil que recibe la base del arco tendrá una componente vertical y una componente horizontal, que tendrán un valor muy similar debido al valor de la inclinación.

Para poder resistir los empujes en los extremos del arco se ha diseñado un tirante de hormigón armado. El tirante está unido en la cabeza de la cimentación impidiendo que el arco se abra, además de impedir el deslizamiento de las zapatas, y creando un par de fuerzas que son capaces de contrarrestar el momento que crea el axil en el plano de cimentación.

La zapata se ha diseñado como zapata aislada de medianería, con lo que el axil no caerá centrado en la misma, siendo necesario centrar la carga para evitar el vuelco de la zapata. El tirante es producto de el diseño de la zapata, que viene supeditado a la necesidad de no invadir el terreno colindante, y de no afectar al hangar que se encuentra al lado, ya que no se tienen datos de la cimentación con la que se realizó, ni la carga que transmite, con lo que no podemos determinar el asiento en caso de que nuestra cimentación influya en la estructura que ya se encontraba allí, ya que es responsabilidad nuestra la de calcular ese asiento. Además con el diseño de esta zapata nos ahorramos posibles problemas en casos hipotéticos de que se produzcan movimientos de tierras cerca de nuestra estructura, y que en caso de haber dispuesto una zapata aislada, ésta puede ser dañada lo que variaría las condiciones, e incluso podría llevar al colapso de la cimentación y por tanto de la estructura.

2. Normativa

La normativa que se ha seguido para realizar las comprobaciones geotécnicas ha sido la Guía de cimentaciones en obras de carretera.

3. Cimentación empleada

Tras realizar los cálculos pertinentes, que se encuentran al final de este documento, se han de disponer zapatas de medianería de 2 metros de largo, 1,5 metros de ancho y 0,6 metros de canto.

Para llegar a estas dimensiones de la zapata de medianería se ha seguido un proceso iterativo, asignando valores a las distintas dimensiones de la zapata, y ajustándola frente a las comprobaciones de hundimiento y asiento. Las comprobaciones frente a vuelco y a deslizamiento no son necesarias, ya que la disposición del tirante hace que el arco no tenga empujes en los extremos y por tanto, no deslizará, al ser la resultante de fuerzas horizontales de todo el conjunto igual a cero.

Otro criterio que se ha seguido a la hora de dimensionar, a parte de cumplir con las limitaciones que estipula la Guía de cimentaciones en obras de carretera, que es la norma geotécnica que se ha seguido para realizar este documento, es que los bulbos de presiones de las distintas zapatas de medianería que se van a disponer no se solapen entre sí, ya que eso conllevaría un incremento de los asientos y de la carga transmitida al terreno. La distancia entre ejes de arcos es de 5,6 metros, con lo que el ancho de la cimentación debe ser menor a 5,6 para que no se solapen.

4. Plano de cimentación

En el apartado 0.3 de este documento, que trata de la geología y la geotecnia de la zona, se adjuntaron todos los ensayos realizados, los materiales de la zona, los sondeos que se realizaron, en definitiva, todas las comprobaciones necesarias para caracterizar y obtener los parámetros necesarios del suelo para realizar los cálculos. En ese mismo documento, se adjuntaron fotos de los sondeos realizados, en los cuales se puede apreciar con gran claridad que aparecen dos niveles de suelo, el primero de ellos es un terreno vegetal, de mala calidad y



que no sirva como plano de cimentación, hasta una cota de profundidad de un 0,7 metros, y a continuación se encuentra un gran estrato de limos arcillosos que tiene gran resistencia.

Por tanto, a la vista del terreno que existe en la zona, se deberá excavar los 0,7 primeros metros de suelo vegetal, y a partir de ahí, se puede encontrar el plano de cimentación.

La excavación la hemos dividido en dos partes: excavaciones generales, y excavaciones localizadas.

Para las excavaciones generales se excavará hasta la cota menos 0,75 metros, con lo que si sumamos la altura del enano y el canto de la zapata, que es 1 metro, para alcanzar el plano de cimentación será necesario excavar otros 0,25 metros, con lo que el plano de cimentación se encuentra a menos 1 metro.

En cuanto a la presencia de agua, también está recogido todo lo relacionado a niveles piezométricos y de aguas subterráneas de la zona en el apartado 0.3 de este documento. A la cota de cimentación no hay presencia de agua, y hasta unos 8 metros de profundidad no aparece, por lo que no nos afectará en ninguno de nuestros cálculos.

5. Cálculos realizados

Según la Guía de cimentaciones en obras de carretera, las comprobaciones a realizar son la correspondiente a hundimiento, deslizamiento, vuelco y asentos. En el caso particular que estamos tratando, por lo ya comentado en el apartado 1 de este documento, las comprobaciones a realizar con las de hundimiento y la de asiento.

En primer lugar, para poder realizar las comprobaciones y dimensionar la zapata desde un punto de vista geotécnico, necesitamos los esfuerzos en los apoyos del arco. Para obtenerlos es necesario realizar una serie de simplificaciones que se especifican a continuación.

- En primer lugar, en la base del arco vamos a recibir un esfuerzo axil que se puede descomponer en una componente horizontal y una componente vertical. Para que la componente horizontal no nos afecte a los cálculos, el tirante de hormigón debe ser capaz de resistir el esfuerzo a tracción que la componente horizontal le genera.

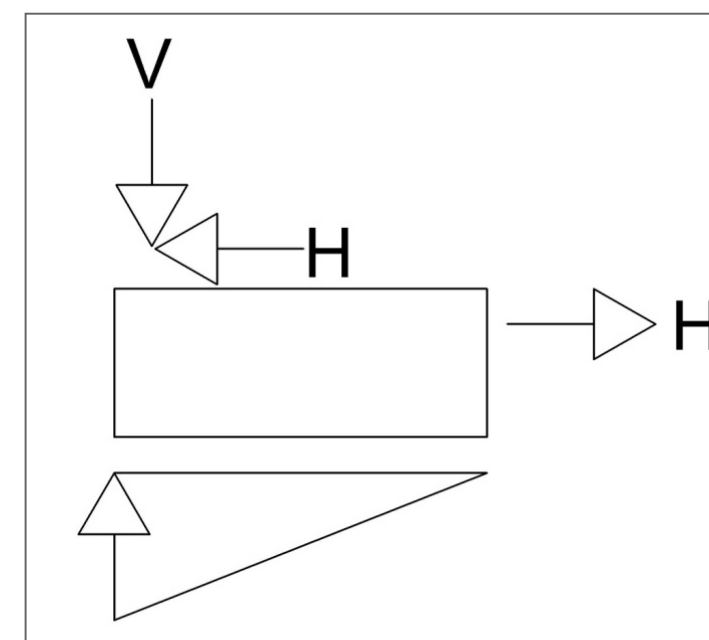


Figura 1.

Por tanto, la primera simplificación a realizar es que el tirante sea capaz de resistir el esfuerzo de tracción que se genera en la articulación del arco según la figura 1. Por lo consiguiente, la zapata realizada la primera simplificación se encuentra solicitada frente a un esfuerzo axil excéntrico donde la tensión en el terreno no es uniforme, si no que responde a una distribución lineal.

- Con la primera simplificación, se produce un momento flector en la base de la cimentación que haría que la zapata en su contacto con el terreno no se encontrara en todos sus puntos a compresión, es decir que la resultante de las acciones verticales pase por el núcleo central, para garantizar que la zapata no despegue. Por tanto, el tirante debe ser capaz de resistir además, un esfuerzo horizontal que contrarreste el momento que se crea en la base debido a la excentricidad de la carga.

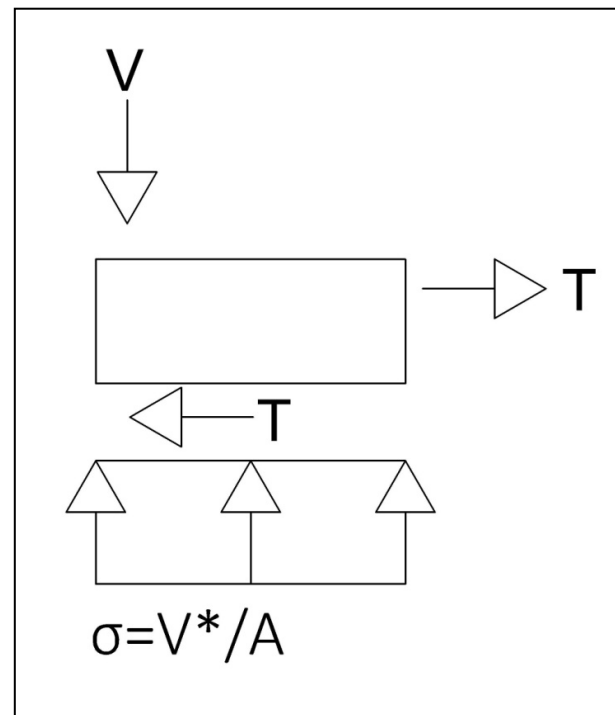


Figura 2.

En la figura dos se muestra la segunda simplificación, en la que se produce el centrado de la carga mediante la aplicación de un par de fuerzas, la fuerza T , con un brazo mecánico igual al canto de la zapata, y mediante las cuales se puede contrarrestar el momento creado por la fuerza V . Así por tanto, en la base de la zapata, el sumatorio de momentos es cero, y la única fuerza que actúa es la componente vertical del esfuerzo axial en la base del arco mas el peso propio de la zapata, con lo que la distribución de tensiones en el terreno es uniforme.

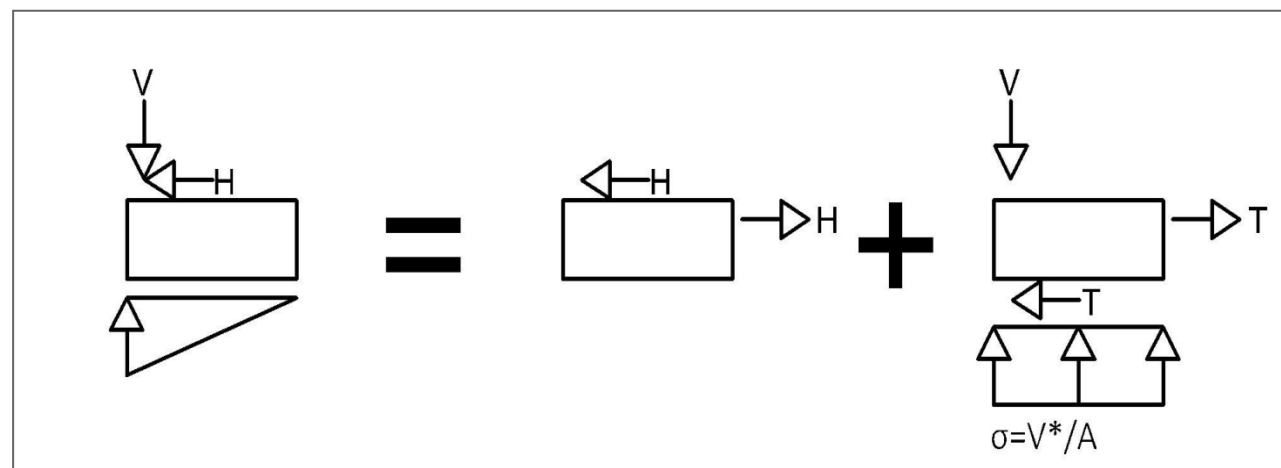


Figura 3.

En la figura 3 se puede apreciar que del primer caso hemos llegado a dos casos, que son dos simplificaciones, y que nos permitirán que las dimensiones de la zapata no sean desproporcionadas, ya que en caso de no colocar el tirante, que debe ser capaz de resistir a tracción la fuerza H mas la fuerza T .

El problema inicial se ha simplificado notablemente, pasando de tener una distribución lineal en el terreno a una distribución uniforme, que a parte de rapidez, nos permitirá simplificar también las cosas a la hora de calcular la armadura de la zapata. Por otro lado, nos evitamos las comprobaciones de vuelco y deslizamiento.

Para la determinación de la fuerza H se ha realizado un modelo en SAP y que se adjunta en el anejo de análisis estructural.

Para la determinación de la fuerza T , simplemente es necesario tomar momentos respecto del centro de gravedad de la base de la cimentación, y que también se encuentra calculado en el anejo de análisis estructural.

En lo que a cálculos geotécnicos se refiere, solo consideraremos la fuerza V^* y la tensión uniforme en el terreno.

6. Comprobaciones a realizar para zapata de medianería

6.1. Comprobación frente a hundimiento

Para poder realizar la comprobación frente a hundimiento, es necesario haber determinado los esfuerzos en la base del arco. Para ello, se han determinado los estados límites últimos, y se han combinado las cargas para los casos mas desfavorables. Todo ello se encuentra recogido en el anejo de análisis de cálculos.

El esfuerzo axial más desfavorable se da para el estado límite último denominada en el anejo de análisis de cálculo como ELU 8 para el cual los esfuerzos son los siguientes:

$$\text{Esfuerzo axial} = 898kN$$



Puesto que el ángulo de inclinación de la directriz del arco respecto de la horizontal es de 47° , la componente vertical queda de la siguiente manera:

$$i_{\text{Compoenete vertical}} V = 898 * \sin(47^\circ) = 656,75 \text{ kN}$$

Para realizar la comprobación de hundimiento se han realizado cálculos a corto plazo y a largo plazo, y ver cuál de los dos es más restrictivo. Para ejecutar el cálculo se ha utilizado la solución de BRINCH-HANSEN, una formulación propuesta para considerar los efectos de:

- Zapata finita, con forma.
- Cargas inclinadas y/o excéntricas.
- Efecto profundidad.

La fórmula viene definida por la siguiente expresión:

$$q_h = c * N_c * s_c * i_c * d_c + q * N_q * s_q * i_q * d_q + \frac{1}{2} * \gamma * B * N_\gamma * s_\gamma * i_\gamma * d_\gamma$$

Donde:

- N_q, N_c y N_γ son los factores de capacidad de carga definidos por las siguientes expresiones:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \tan \phi$$

- s_q, s_c y s_γ son los factores de forma que vienen dados por las siguientes expresiones:

-A largo plazo:

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \tan \phi$$

-A corto plazo:

$$s_q = 1$$

$$s_c = 1 + 0,2 \frac{B'}{L'}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \frac{B'}{L'}$$

- i_q, i_c e i_γ son los factores de inclinación que vienen determinados por las fórmulas siguientes:

-A largo plazo

$$i_q = \left(1 - \frac{P}{Q' + cB'L'^{\tan \phi - 1}} \right)^m$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N \tan \phi}$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{P}{Q' + cB'L'^{\tan \phi - 1}} \right)^{m+1}$$

-A corto plazo:

$$i_q = 1$$

$$i_c = 1 - \frac{P}{cB'L'N}$$

$$i_\gamma = 1$$

siendo



$$m = m_L \cos^2 \theta + m_B \sin^2 \theta$$

siendo θ el ángulo de inclinación d P respecto de la vertical.

$$m_B = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}}$$

$$m_B = \frac{2 + \frac{L'}{B'}}{1 + \frac{L'}{B'}}$$

- dc, dq y $d\gamma$ son los factores de profundidad que adoptan un valor para todos ellos de 1 tanto a corto como a largo plazo.

El valor de γ de pende del ancho de la zapata y de la profundidad del nivel freático quedando definido de la siguiente manera:

$$\text{Si } Dw > B', \text{ entonces } \gamma^* = \gamma_{ap}$$

$$\text{Si } Dw < B', \text{ entonces } \gamma^* = \gamma' + \frac{Dw}{B'} * (\gamma_{ap} - \gamma')$$

$$\text{Si } Dw = 0, \text{ entonces } \gamma^* = \gamma'$$

$$\text{Si } Dw < 0, \text{ entonces } \gamma^* = \gamma'$$

Para el cálculo a largo plazo, la ecuación de BRINCH-HANSEN es la misma, pero en efectivas.

- **Caso1. Comprobación de hundimiento para zapata de medianería a corto plazo.**

Corto plazo							
B'	1,5						
L=L'	2						
Canto	0,6						
Profundidad	1						
ϕ	25						
c'	271,5						
γ_{apa}	22,4						
γ_{sat}	22,4						
q	22,4	Zap. Medianería					
γ^*	22,4	M _B	0				
N	660	Q'	705	m	-		
V	0	e _B	0	m _B	-		
R _u	543	B	1,5	m _L	-		
q'	22,4	B'	1,5	Θ	-		
Corto plazo							
Factores de carga		Factores de forma		Factores de inclinación		Factores de profundidad	
N _q	1	s _q	1	i _q	1	d _q	1
N _c	5,14	s _c	1,15	i _c	1	d _c	1
N _γ	0	s _γ	0,7	i _γ	1	d _γ	1
q _{h,cp}	1627,24	q _{hn,cp}	1604,84	q _t	235	q _{tn}	212,6
F	3	Cumple	Sí				

Tabla 1.

A la vista de los resultados, se verifica la comprobación frente a hundimiento a corto plazo. A continuación se realizará a largo plazo, si bien decir, que suele ser más restrictiva a corto plazo

- Caso 2. Comprobación frente a hundimiento para zapata de medianería a largo plazo.



Largo plazo							
B'	1,5						
L=L'	2						
Canto	0,6						
Profundidad	1						
ϕ	25						
c'	150						
γ _{apa}	22,4						
γ _{sat}	22,4						
q	22,4	Zap. Medianería					
γ*	22,4	M _B	0				
N	660	Q'	705	m	1,4285		
V	0	e _B	0	m _B	1,5714		
Ru	543	B	1,5	m _L	1,4285		
q'	22,4	B'	1,5	Θ	0		
Largo plazo							
Factores de carga		Factores de forma		Factores de inclinación		Factores de profundidad	
N _q	10,66	s _q	1,3497	i _q	1	d _q	1
N _c	20,72	s _c	1,3859	i _c	1	d _c	1
N _γ	6,75	s _γ	0,7	i _γ	1	d _γ	1
q _{h,lp}	4709,4	q _{hn,lp}	4687	q _t	235	q _{tn}	212,6
F	3	Cumple	Sí				

Tabla 2.

Como era de esperar, el hundimiento a corto plazo es mucho más restrictivo que a largo plazo, por tanto la limitación es la de corto plazo y se cumple.

Las unidades empleadas son kN y metros.

6.2. Comprobación de asientos

Los asientos que se producen en el terreno son la suma del asiento instantáneo, el asiento de consolidación, y el asiento de fluencia, que tiene que ver con procesos de consolidación secundaria.

En nuestro caso en particular, se trata de un terreno de limos arcillosos sin presencia de agua, por lo que la mayor parte, o el asiento total corresponderá con el asiento inicial, ya que este tipo de asiento se da en terrenos sin drenaje. Al no existir drenaje, no habrá un incremento de presiones efectivas a lo largo del tiempo, ya que no habrá opción a la disipación por drenaje de las sobrepresiones intersticiales transmitidas inicialmente al agua por la carga, y en consecuencia, el asiento de consolidación será nulo. Igual pasa con el asiento de fluencia que al estar ligado a fenómenos de consolidación, al no existir en nuestro caso, este asiento será cero.

Por tanto concluimos que nuestro asiento total se corresponderá con el asiento instantáneo.

Para la estimación del asiento inicial, se ha utilizado el método elástico, particularizado en el caso en que la cimentación se apoya sobre un estrato de gran espesor, para el que se utiliza la siguiente fórmula:

$$s_i = I_s * q_{tn} * B * (1 - \nu'^2) * \frac{1}{E'}$$

donde:

- I_s es un valor que depende de la forma de la zapata.
- q_{tn} es la carga transmitida neta.
- B es el ancho de la zapata.
- ν' es un coeficiente a largo plazo que se toma igual a 0,5 a corto plazo y 0,3 a largo plazo.

E es el modulo de elasticidad que a corto plazo vale 18000 y a largo plazo vale 28000.

Este asiento nos proporciona el valor máximo, esto es, bajo el centro de gravedad del área cargada.



Según la Guía de cimentaciones en obras de carreteras, el asiento máximo que se puede dar en zapatas aisladas es de 2,5 cm.

- Caso 1. Comprobación de asientos a corto plazo

Asientos		I_s	
Datos iniciales		Zapata circular	1
Corto plazo		Zapata cuadrada	1,122
B	1,5	Zapata rectangular	1,28776
L=L'	2	$S_i(m)$	0,02076148
Canto	0,6		
Profundidad	1		
γ_{apa}	22,4	Cumple	Sí
γ_{sat}	22,4		
q_t	235		
γ^*	22,4		
γ_{sum}	0		
q_{tn}	212,6		
γ^*	22,4		
E(Kpa)	18000		
v	0,3		
I_s	1,28776		

Tabla 3.

A la vista de los resultados, el asiento obtenido es menor de 2,5 centímetros, por lo que cumple.

- Caso 2. Comprobación de asientos a largo plazo

Asientos		I_s	
Datos iniciales		Zapata circular	1
Largo plazo		Zapata cuadrada	1,122

B	1,5	Zapata rectangular	1,28776
L=L'	2	$S_i(m)$	0,010999999
Canto	0,6		
Profundidad	1	Cumple	Sí
γ_{apa}	22,4		
γ_{sat}	22,4		
q_t	235		
γ^*	22,4		
γ_{sum}	0		
q_{tn}	212,6		
γ^*	22,4		
E(Kpa)	28000		
v	0,5		
I_s	1,28776		

Tabla 4.

Como era de esperar, el asiento a largo plazo es menos restrictivo que el asiento a corto plazo. Se cumple la limitación de asientos para ambos casos.

Las comprobaciones a vuelco y deslizamiento, debido a que se dispone el tirante de hormigón y el sistema está equilibrado, no son necesarias corroborarlas, ya que no se van a dar.

7. Resultados obtenidos

Para llegar a las dimensiones definitivas, se ha seguido un proceso iterativo de tanteo de dimensiones en una hoja Excel en la que se implementaron las comprobaciones frente a hundimiento y a asiento. En este caso, al tener solo dos comprobaciones a realizar, el proceso queda reducido a determinar las dimensiones mínimas para cada una de las comprobaciones y coger la más restrictiva.

Cabe mencionar, que es especialmente importante el dimensionamiento del canto de la zapata, ya que en función del mismo el valor de la fuerza T que contrarresta el momento creado por la



carga V varía, con lo que no es recomendable un gran canto ya que eso incrementaría notablemente la armadura en el tirante de hormigón armado.

Por otro lado, si el canto es de 0,6, y para la placa de base se obtuvieron unas dimensiones de 300x300x15 milímetros, el menor ancho de la zapata que queremos que tenga es de 1,5 metros, ya que nos interesa que el funcionamiento de la misma sea como zapata flexible.

A tenor de todo lo dicho y de todos los cálculos realizados, la zapata a disponer queda definida de la siguiente manera:

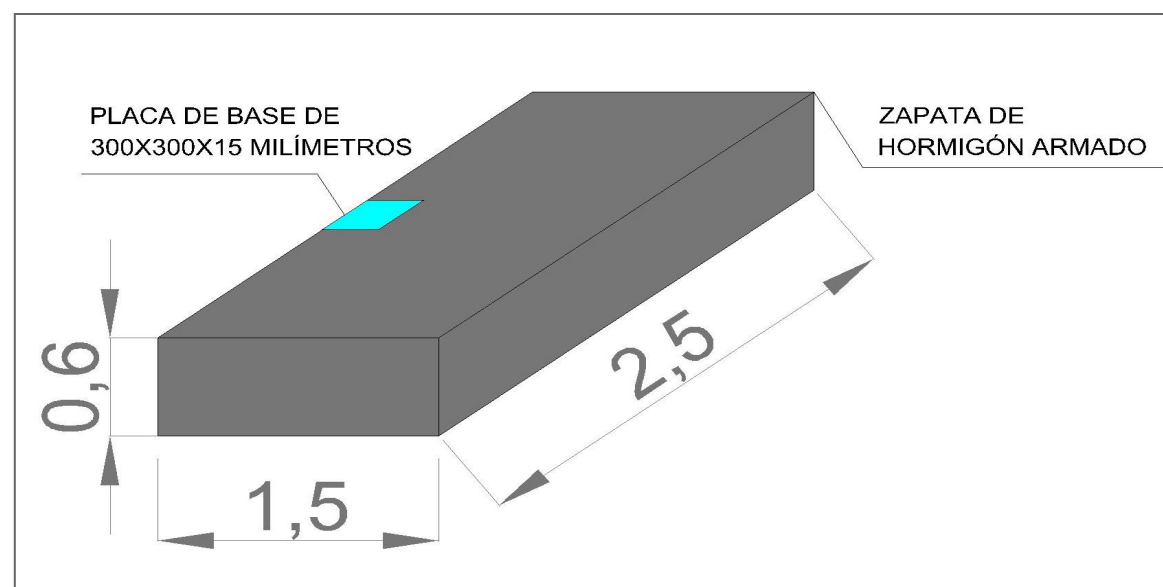


Figura 4.

8. Comprobaciones a realizar para zapatas aisladas

Tras Realizar el cálculo de los pilares de fachada que tienen la función de resistir las cargas de viento en los paramentos verticales y transmitirlos al arco, así como servir de sujeción para la el dintel de las puertas principales sobre la cual irá la guía para el deslizamiento de las mismas, se han obtenidos unos esfuerzos para la combinación más desfavorable en la base de los pilares correspondiente a :

$$N = 200 \text{ kN}$$

$$M = 85 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V = 40 \text{ kN}$$

Las zapatas a disponer en las fachadas son zapatas aisladas, ya que ni delante ni detrás del hangar tenemos el problema de tener una edificación, como es el hangar ya existente y que nos obligaba a poner zapatas de medianería. En este caso, las zapatas pueden ser aisladas ya que la ubicación del hangar está en medio del campo, y además delante de la fachada principal habrá una explanada que unirá el nuevo hangar con la pista de aterrizaje y detrás quedará un pequeño propiedad del hangar en el que no se contempla la construcción de ningún tipo de edificación.

En este caso, al no disponer de tirantes de hormigón armado como era el caso de anterior, tendremos que corroborar las comprobaciones estipuladas por la Guía de cimentaciones en obras de carretera, en las cuales en primer lugar se debe verificar las comprobaciones frente a hundimiento y frente a deslizamiento, y si ambas cumplen, la comprobación a vuelco sólo será necesario que la resultante pase por el núcleo central, es decir, que toda la base se encuentre a compresión.

8.1. Comprobación frente a hundimiento

- CASO 1. Comprobación frente a hundimiento para zapata aislada de fachada a corto plazo..

Corto plazo					
B'	2,32				
L=L'	3				
Canto	0,5				
Profundidad	1				
ϕ	25				
c'	271,5				
γ_{apa}	22,4				
γ_{sat}	22,4				
q	22,4	Zap. Aislada			
γ^*	22,4	M_B	105		
N	200	Q'	312,5	m	-



V	40	e _B	0,336	m _B	-		
M	85	B	3	m _L	-		
Ru	543	B'	2,328	Θ	-		
Corto plazo							
Factores de carga		Factores de forma		Factores de inclinación		Factores de profundidad	
N _q	1	s _q	1	i _q	1	d _q	1
N _c	5,14	s _c	1,15466	i _c	0,99588	d _c	1
N _γ	0	s _γ	0,69066	i _γ	1	d _γ	1
q _{h,lp}	1627,113	q _{hn,lp}	1604,713	q _t	44,8994	q _{tn}	22,49943
F	3	Cumple	Sí				

Tabla 5.

La comprobación a hundimiento se cumple muy holgadamente.

- CASO 2. Comprobación frente a hundimiento para zapata aislada de fachada a largo plazo.

Largo plazo					
B'	2,2				
L=L'	3				
Canto	0,5				
Profundidad	1				
ϕ	25				
c'	150				
γ_{apa}	22,4				
γ_{sat}	22,4				
q	22,4	Zap. Aislada			
γ^*	22,4	M_B	125		
N	200	Q'	312,5	m	1,423077
V	40	e_B	0,4	m_B	1,576923

M	85	B	3	m _L	1,423077		
Ru	543	B'	2,2	Θ	0		
Largo plazo							
Factores de carga		Factores de forma		Factores de inclinación		Factores de profundidad	
N _q	10,66	s _q	1,341959	i _q	0,97617	d _q	1
N _c	20,72	s _c	1,377351	i _c	0,974299	d _c	1
N _γ	6,75	s _γ	0,706667	i _γ	0,960669	d _γ	1
q _{h,lp}	4596,98	q _{hn,lp}	4574,58	q _t	47,34	q _{tn}	24,94
F	3	Cumple	Sí				

Tabla 6.

8.2. Comprobación de asientos

- CASO 1. Comprobación de asientos a corto plazo.

Asientos		I _s	
Datos iniciales		Zapata circular	1
Largo plazo		Zapata cuadrada	1,122
B	3	Zapata rectangular	1,1222
L=L'	3	S _i (m)	0,002096873
Canto	0,5		
Profundidad	1	Cumple	Sí
γ _{apa}	22,4		
γ _{sat}	22,4		
q _t	34,72222		
γ*	22,4		
γ _{sum}	0		
q _{tn}	12,32222		
γ*	22,4		
E(Kpa)	18000		



v	0,3
I _s	1,122

Tabla 7.

Se verifica la limitación de asientos a corto plazo, que debe ser menor a 2,5 centímetros.

- CASO 2.Comprobación de asientos a largo plazo.

Asientos		I _s	
Datos iniciales		Zapata circular	1
Largo plazo		Zapata cuadrada	1,122
B	3	Zapata rectangular	1,1222
L=L'	3	S _i (m)	0,00111098
Canto	0,5		
Profundidad	1	Cumple	Sí
γ _{apa}	22,4		
γ _{sat}	22,4		
q _t	34,72222		
γ*	22,4		
γ _{sum}	0		
q _{tn}	12,32222		
γ*	22,4		
E(Kpa)	28000		
v	0,5		
I _s	1,122		

Tabla 8.

Se verifica la limitación de asientos a corto plazo, que debe ser menor a 2,5 centímetros.

8.2. Comprobación a deslizamiento

- CASO 1. Comprobación a deslizamiento.

Deslizamiento	
Datos iniciales	
N	200
V	40
φ	25
c	150
B	2,2
L	3
Canto	0,5
Peso zapata	82,5
T	1074,5749
F	1,5
Cumple	SI

Tabla 9.

Se verifica la comprobación a deslizamiento.

8.4. Comprobación a vuelco

- CASO 1. Comprobación frente a vuelco.

Zapata aislada.	
B	3
L	3
Canto	0,5
N	200
V	40
N'	312,5
V'	40
M'	105
e	0,5



M'/N'	0,336
Cumple	Si

Tabla 10.

Se verifica la comprobación frente a vuelco.

9. Resultados obtenidos

A la vista de los resultados obtenidos, la zapata aislada a disponer tiene unas dimensiones de 3x3x0,5 metros. Son unas dimensiones grandes para los esfuerzos que recibe, pero la motivación ha sido que la zapata funcione como una zapata flexible. por lo que el vuelo debe ser dos veces el canto de la misma. Si no hubiésemos querido que la zapata fuese flexible, las dimensiones se habrían reducido, sin embargo, preferimos que la zapata funcione de esta manera.

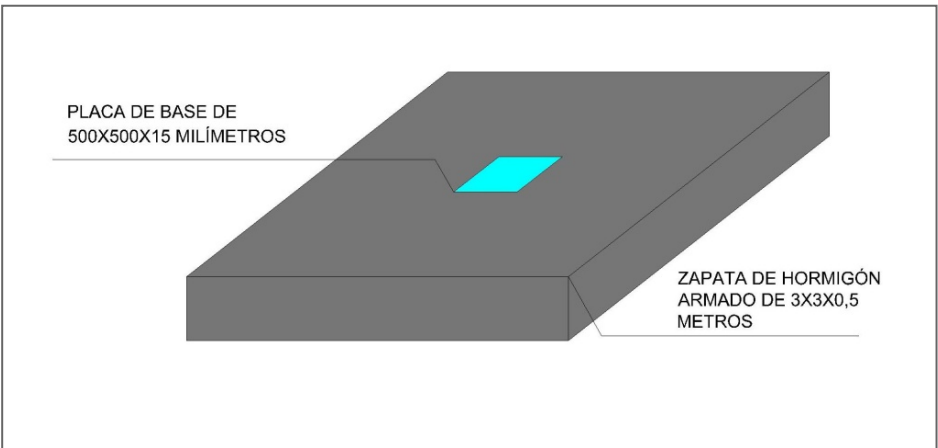


Figura 5.

10. Modelo de Sap empleado

Para realizar el modelizado de todas las simplificaciones que se comentaron al inicio de este documento, que consistía en colocar un tirante de hormigón armado en la parte superior de la zapata para así poder absorber los esfuerzos horizontales que el arco crea debido a su inclinación en los apoyos, se ha introducido un cable entre los apoyos del arco, para lo cual, en sap se definió como barra, se le asignó un diámetro en función del esfuerzo que tiene que resistir, y se definió el material como Acero S275. En uno de los dos apoyos fue necesario permitir el desplazamiento del mismo mediante un carrito en el plano del arco para que el

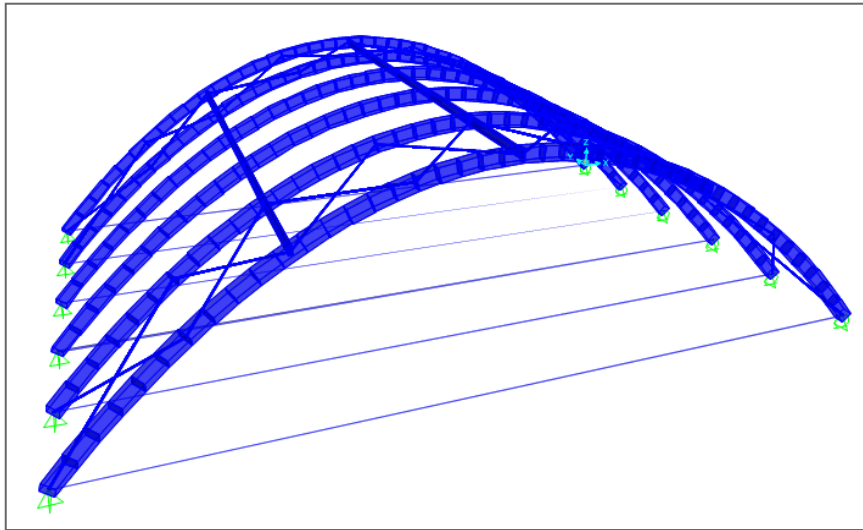


Figura 6.

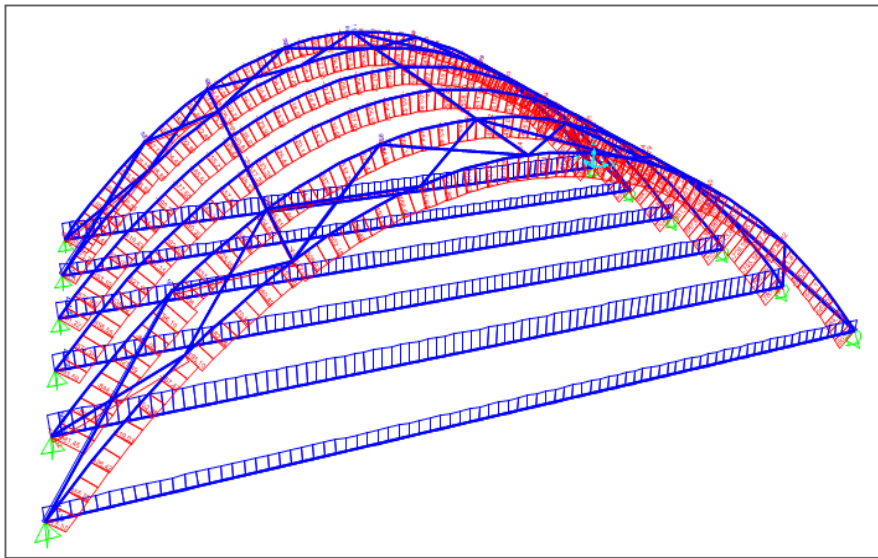


Figura 6.



sistema utilizado para el modelizado se acercará lo más posible a el funcionamiento en la realidad.