



ANEJO II: DISEÑO GEOTÉCNICO

Pérez Griñán, Sergio



ÍNDICE

6.2.4. Comprobación a vuelco

1. Introducción
2. Comprobaciones a realizar
 - 2.1. Hundimiento
 - 2.2. Asiento
 - 2.3. Deslizamiento
 - 2.4. Vuelco
3. Descripción de la estructura
4. Cimentación empleada
5. Resultados obtenidos
6. Cálculos realizados
 - 6.1. Zapata de medianería
 - 6.1.1. Comprobación a hundimiento
 - 6.1.2. Comprobación de asientos
 - 6.1.3. Deslizamiento
 - 6.1.4. Comprobación a vuelco
 - 6.2. Aislada
 - 6.1.1. Comprobación a hundimiento
 - 6.2.2. Comprobación de asientos
 - 6.2.3. Deslizamiento



1. Introducción

El objeto de este proyecto geotécnico es obtener la cimentación necesaria para que sea capaz de transmitir los esfuerzos de la estructura al terreno sin que se sobrepase lo establecido en la Guía de cimentaciones en obras de carretera (aunque no se trate de un elemento relacionado con carreteras, esta norma es muy válida) respecto a hundimiento, asiento, deslizamiento y vuelco.

Para poder realizar el cálculo, primero será necesario la obtención de los parámetros geotécnicos y caracterización del terreno existente, con lo que será necesario realizar una serie de trabajos de campo y ensayos de laboratorio. Los resultados de estudios y ensayos se muestran en el apartado Geotecnia de la parte común de este documento.

2. Comprobaciones a realizar

Para las comprobaciones, se seguirá la norma "Guía de cimentaciones en obras de carretera". Aunque esta norma este indicada para obras de carretera, en su interior hay una gran cantidad de casos y el nuestro se puede amoldar a lo estipulado en ella.

Las comprobaciones que se van a realizar son: hundimiento, asiento, deslizamiento y vuelco.

Todas ellas se detallan a continuación.

2.1. Hundimiento

El modo de fallo denominado «hundimiento» se produce cuando la capacidad de soporte del terreno es inferior a la carga que transmite la cimentación al terreno. En tales circunstancias, tanto el elemento de cimentación (zapata o losa) como el terreno situado inmediatamente debajo experimentan movimientos inadmisibles que arruinan la construcción que estaban soportando.

Este modo de fallo puede idealizarse mediante superficies de rotura que parten del plano de apoyo, profundizan en el terreno y se incurvan hasta volver a emerger a cierta distancia de la cimentación, tal como se describe en el apartado 4.5.

- **Cálculo analítico de la carga de hundimiento.**

En algunas ocasiones, como resultado del reconocimiento geotécnico, habrá sido posible definir las características resistentes del terreno con precisión suficiente como para realizar un cálculo analítico de la carga de hundimiento.

La fórmula más frecuente para la determinación de la carga de hundimiento es la conocida como de Brinch-Hansen, de la que existen diferentes versiones que presentan ligeras variaciones en la obtención de algunos coeficientes. Según este método, la presión vertical de hundimiento es la suma de tres términos que presentan la contribución a la capacidad de soporte, de la sobrecarga existente al nivel de cimentación q , de la cohesión del terreno c , y de su peso propio.

2.2. Asiento

Los movimientos que puede admitir una cimentación sin causar daño significativo a la estructura que soporta dependen de su tipología.

En general, para estructuras convencionales de hormigón y/o acero, se suelen recomendar ciertos límites. Son de amplio uso los siguientes valores:

- Asiento máximo de zapatas aisladas = 2,5 cm.
- Asiento máximo de losas de cimentación = 5 cm.
- Asiento diferencial máximo entre apoyos contiguos = $L/200$ a $L/500$ dependiendo de la rigidez de la estructura (L = distancia entre apoyos).
- Inclinaciones máximas: entre $\theta = 1/1000$ y $6/1000$.

Estos datos son sólo orientativos y deben especificarse en cada Proyecto concreto.

2.3. Deslizamiento

Este mecanismo o modo de fallo ocurre cuando las tensiones de corte en el plano de contacto terreno-zapata (o en general, terreno-base del elemento de cimentación) igualan o superan la resistencia al corte de dicho contacto. Se produce entonces un desplazamiento inadmisibles de la cimentación respecto al terreno de apoyo.

Este modo de fallo debe considerarse únicamente en aquellas cimentaciones superficiales que hayan de soportar acciones horizontales importantes. Tal situación suele producirse en las cimentaciones de los muros de contención y puede ocurrir también en las cimentaciones de los estribos de los puentes.



No es necesario comprobar el fallo por deslizamiento en aquellas cimentaciones en las que la resultante de las cargas actuantes tiene una inclinación máxima, medida respecto a la normal al plano de cimentación, que sea, en cualquier situación, inferior al 20% ($\text{tg} \delta < 0,20$).

Para evaluar la seguridad frente a deslizamiento, se supondrá que el movimiento se produce según la dirección de actuación de la componente horizontal de la resultante de las acciones sobre el plano de cimentación.

2.4. Vuelco

Las cimentaciones superficiales sometidas a cargas excéntricas respecto al centro de gravedad de su área de apoyo pueden alcanzar un estado límite último cuando el punto de paso de la resultante de las acciones se aproxima al borde de la cimentación. Este modo de fallo consiste en el giro excesivo del elemento de la cimentación y, por ende, de la estructura a la que sustenta.

Las cimentaciones superficiales más susceptibles al vuelco son las de los muros de contención y las de los estribos de los puentes que pueden estar sometidas a acciones horizontales importantes.

Normalmente no será necesario comprobar las cimentaciones frente al vuelco cuando se trate de pilas de puente o de cimentaciones de obras de paso que satisfagan las condiciones estipuladas de deslizamiento y hundimiento y en las que, además, el punto de paso de la resultante sobre el cimiento quede dentro del núcleo central del área de apoyo en las situaciones de proyecto a considerar.

Resulta muy recomendable que, al menos en las situaciones persistentes, el punto de paso de la resultante quede dentro del núcleo central de la superficie de apoyo del cimiento. De otra forma el contacto permanente de la cimentación con el terreno, siempre deseable, no quedaría garantizado en el referido plano de apoyo.

La seguridad frente al vuelco de las cimentaciones de muros de contención y de estribos de puentes, así como de cualquier otro elemento estructural sometido a acciones horizontales importantes, ha de comprobarse de acuerdo con lo que se indica en este apartado.

El eje de giro del posible vuelco resultará próximo a una arista de la zapata de cimentación. En principio es necesario comprobar el giro respecto a todas las aristas, aunque normalmente será evidente aquélla que conduce a una situación más crítica.

Las acciones deben referirse al posible eje de giro y calcular el momento de cada una de ellas respecto a dicho eje. Se define como coeficiente de seguridad al vuelco:

$$F = \frac{\sum M_{\text{estabilizadores}}}{\sum M_{\text{desestabilizadores}}}$$

Se deben contabilizar como momentos estabilizadores los siguientes:

- Los producidos por la fuerza V (resultante vertical efectiva sobre el plano de cimentación).
- Los producidos por cualquier empuje pasivo que el ingeniero decida contabilizar. Se advierte que tales empujes pueden requerir un movimiento previo apreciable y por ello se recomienda que estos momentos, salvo justificación expresa en contra, no superen el diez por ciento de la suma de los momentos volcadores; es decir, que por este motivo el coeficiente de seguridad no aumente en más de una décima.

Se deben contabilizar como momentos volcadores aquéllos que sean debidos a las componentes horizontales de las acciones, a excepción de los posibles empujes pasivos mencionados en el párrafo anterior.

3. Descripción de la estructura

La solución planteada es una estructura arco pero en este caso el material utilizado es el acero. El área ocupada por la instalación es idéntica a todas las soluciones 42 metros de luz por 28 metros de largo, idéntica a todas las soluciones. La altura máxima son 11 metros que se alcanzan en el punto medio de la luz.

El Hangar se compone de 5 arcos de acero conectados a la cimentación por medio de un apoyo fijo y un carrito. Únicamente tiene componente horizontal el apoyo fijo pero esta resultante no queda transmitida a la cimentación ya que un tirante conectado entre los apoyos absorbe esta reacción. Por tanto en ambos apoyos solo encontramos reacción vertical.

A continuación se adjunta una captura de pantalla del programa Sap 2000 en el cual se puede observar la geometría del hangar y la modelización de la estructura. A partir de este programa se ha obtenido los esfuerzos transmitidos a cimentación que son únicamente axiales (componente vertical) en las zapatas de medianería. Para el diseño de las zapatas se ha utilizado la reacción mas desfavorable que se obtiene en el segundo pórtico y cuyo valor es de 366 Kn, que descomponiendo en componente horizontal y vertical se obtiene:



- Componente vertical 289 Kn.
- Componente horizontal 266 KN

La reacción horizontal queda absorbida por el tirante que une las zapatas opuestas de los apoyos de cada arco, por tanto el dimensionamiento geotécnico de la zapata será teniendo en cuenta exclusivamente la reacción vertical en la zapata con valor de 289 Kn. Se debe tener en cuenta una fuerza horizontal, que se suma a la reacción horizontal en el tirante, y que tiene un valor de 289 Kn cuyo propósito es la del centrado de cargas de la zapata de medianería.

Además de las zapatas de medianería, en las fachadas verticales se disponen de 9 zapatas aisladas cuya dimensiones es de 3x3x0,5 metros con la siguiente sollicitación para el Estado Límite Último más desfavorable: $N=136\text{Kn}$, $M= 64\text{Knm}$, $V=21\text{Kn}$.

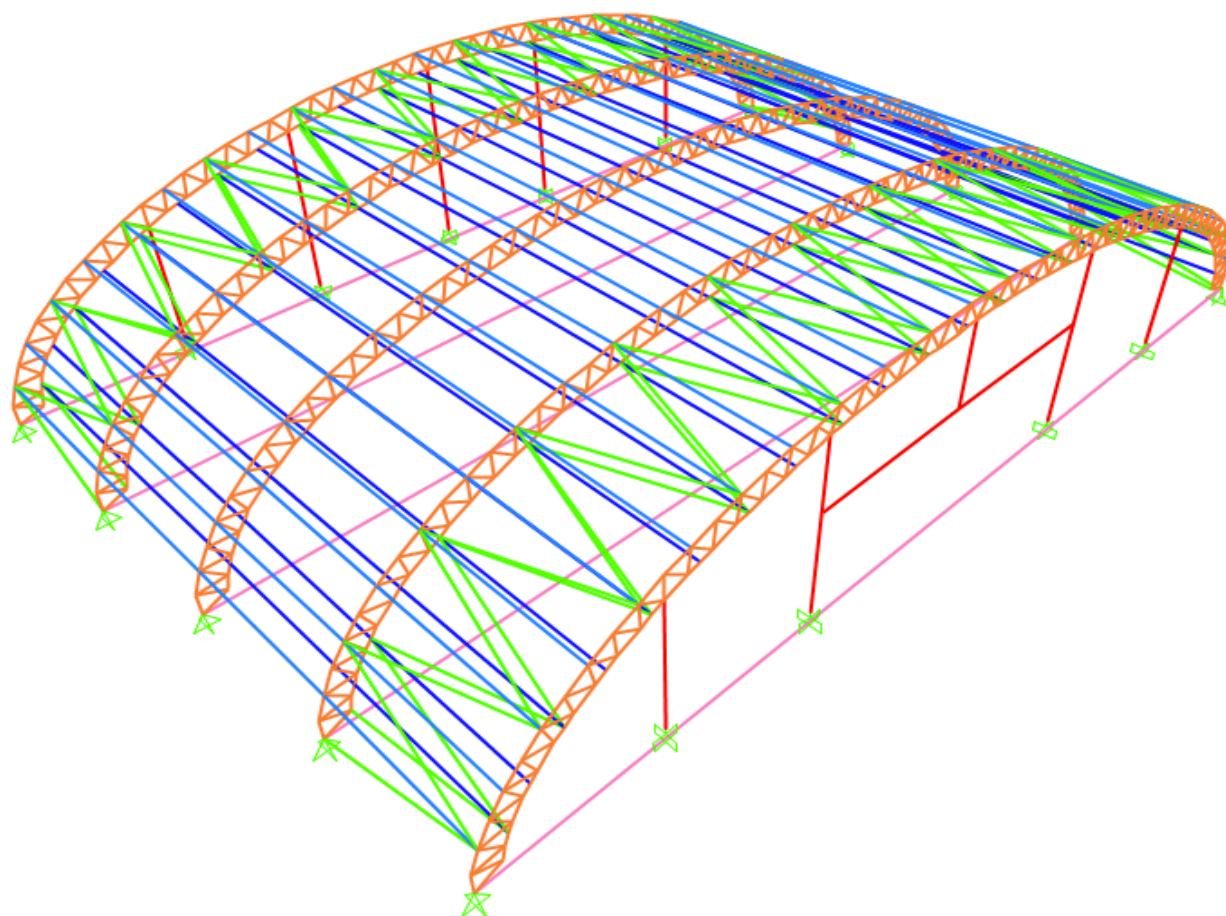


Figura 2.2.1. Coeficientes seguridad materiales. EAE

4. Cimentación empleada

El tipo de cimentación escogida para resolver esta estructura ha sido zapatas de medianería aisladas de forma rectangular para los apoyos del arco, ya que la construcción de la obra se desarrollará en las inmediaciones a los 3 hangares actualmente construidos, y no deben interferir las zapatas de esta estructura con las de la estructura contigua.

Los pilares están empotrados en zapatas de medianería, ya que no existe limitación que obligue al uso de zapatas de medianería.

En los siguiente apartados de este epígrafe se desarrollan las comprobaciones frente a hundimiento, asientos, deslizamiento y vuelcos a partir de las cuales se ha diseñado la zapata en lo que a geotecnia se refiere.

Es importante tener en cuenta que no interfieran los bulbos de presiones entre zapatas, por tanto se debe respetar el volumen de influencia del bulbo, siendo su área de influencia igual a 2 veces el lado de la base de la zapata.

- Plano de cimentación.

Como podemos observar en los sondeos importados en este documento, el primer tramo o estrato del terreno en el que se construirá el hangar esta compuesto por materia vegetal de mala calidad y con escasa capacidad portante. Por tanto se debe eliminar este material para alcanzar el nivel del suelo que pueda satisfacer las exigencias que requiere la obra. El canto obtenido a partir de las comprobaciones geotécnicas resulta ser de 0,5 metros, por lo tanto el plano de cimentación se encontrara a una cota de -1 metros sobre el nivel del suelo.

- Distribución empleada.

La cimentación se compone de 10 zapatas de medianería y 9 zapatas aisladas mediante las cuales se transmiten los esfuerzos de la estructura al terreno.

En la siguiente imagen podemos observa la distribución geométrica en planta de las zapatas:

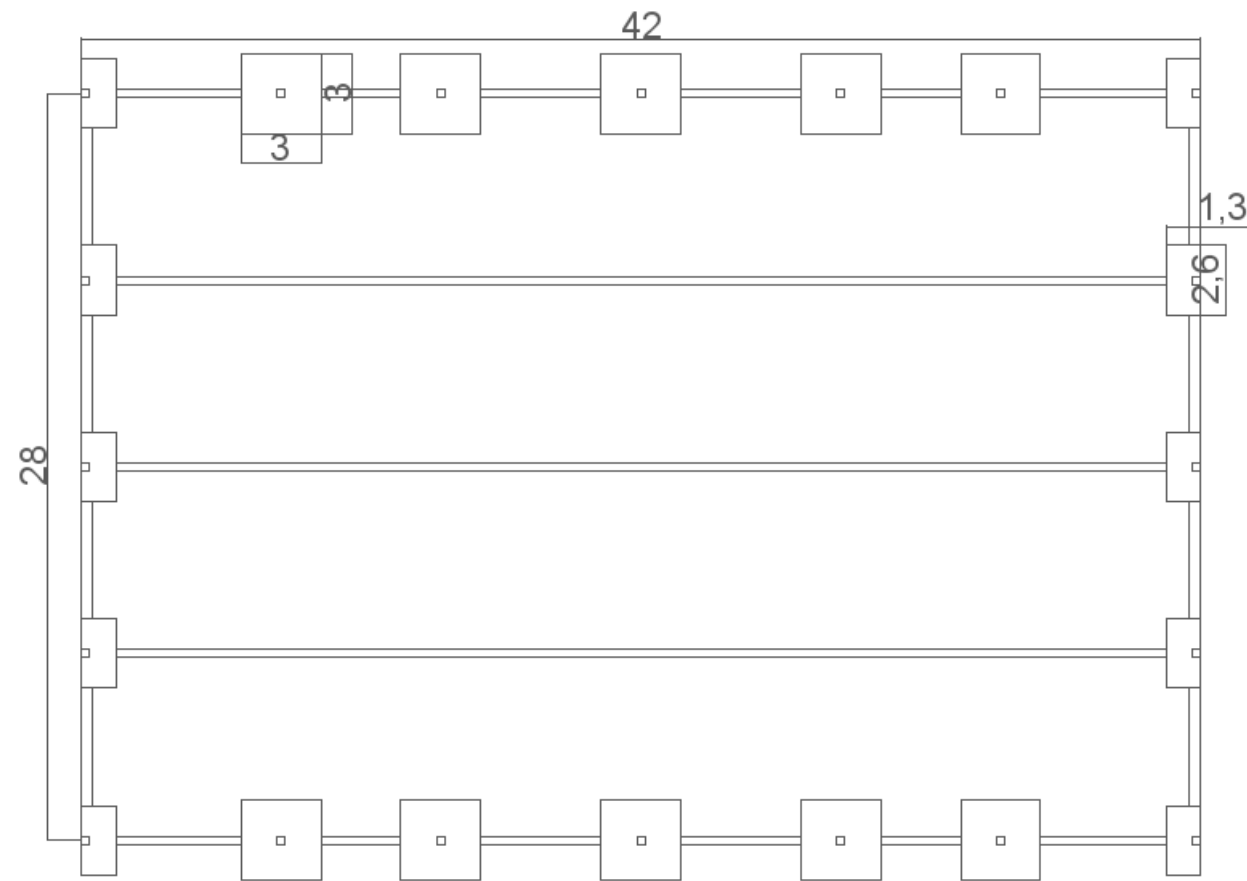


Figura 2.2.1. Coeficientes seguridad materiales. Cotas en metros. EAE

Canto	0,5 m
-------	-------

Estos resultados han sido obtenidos tras varias iteraciones en la hoja Excel de cálculo que hemos realizado para resolver la cimentación, se ha intentado optimizar las dimensiones de la zapata para que cumplan todas las comprobaciones. Las comprobaciones, como vemos a continuación, cumplen sobradamente. Esto es debido a que las dimensiones finales de la zapata se deben a que se ha decidido que la zapata sea flexible, por tanto, el vuelo debe ser mayor que el doble del canto.

- Zapata de medianería

Análogamente al razonamiento anterior, obtenemos unas dimensiones para las zapatas aisladas de:

Dimensiones	
B	3 m
L	3 m
Canto	0,5 m

5. Resultados obtenidos

- Zapata de medianería

Una vez realizadas las comprobaciones de hundimiento, asentamientos y vuelco y deslizamiento se ha obtenido, del lado de la seguridad y considerando zapata flexible, las siguientes dimensiones:

Dimensiones	
B	1,3 m
L	2,6 m

6. Cálculos realizados

6.1. Zapata de medianería

Para los cálculos realizados, previamente ha sido necesaria la obtención de los esfuerzos en la estructura. Puesto que el caso que se está tratando es un arco articulado, en la base del arco nos encontraremos con esfuerzos axiales y cortantes, aunque éste último queda soportado por el tirante modelizado en la base de la estructura.

Tras realizar la combinación de acciones pertinentes, y obtener los estados límites últimos y los estados límite de servicio, se obtuvo el esfuerzo axial de compresión más desfavorable en la base del arco con un valor de 289 kN.



Por tanto, estos serán los esfuerzos que nos servirán para dimensionar la cimentación. A continuación se procede a las comprobaciones geotécnicas de la zapata.

6.1.1 Comprobación a hundimiento

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 es la siguiente:

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

Donde:

- N son los factores de capacidad de carga
- s son los factores de forma
- i son los factores de inclinación
- d son los factores de profundidad

Además, habrá que particularizar la fórmula según nos encontremos en cálculos a corto plazo o en cálculos a largo plazo.

- Corto plazo.

Los datos de partida para el cálculo de hundimiento a corto plazo son los siguientes:

Corto plazo	
B=B'	1,3
L=L'	2,6
Canto	0,5
Profundidad	1,5
ϕ	25

c'	271
γ_{apa}	22,4
γ_{apa}	22,4
q	33,6
γ^*	22,4
N	289
V	289
Ru	543
q'	33,6

En cuanto a las excentricidades como hemos explicado anteriormente, las fuerzas están centradas en la zapata debido al tirante, lo que provoca que la excentricidad sea 0, y que las dimensiones del área eficaz de la zapata sean las mismas que las dimensiones geométricas reales de la zapata.

En la siguiente tabla se recogen los valores de carga, forma, inclinación y profundidad a corto plazo:

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	1,1	i_c	0,938729956	d_c	1
N_γ	0	s_γ	0,8	i_γ	1	d_γ	1

Y finalmente obtenemos los siguientes valores para la carga de hundimiento a corto plazo:

$q_{h,cp}$	1474,607746	$q_{hn,cp}$	1441,007746
q_t	98,00295858	q_{tn}	64,40295858

Análogamente realizamos el cálculo a largo plazo:

- Largo plazo



Corto plazo	
B=B'	1,3
L=L'	2,6
Canto	0,5
Profundidad	1,5
ϕ	25
c'	150
γ_{apa}	22,4
γ_{apa}	22,4
q	33,6
γ^*	22,4
N	289
V	289
Ru	-
q'	33,6

Como se puede observar la zapata cumple frente a hundimiento con un coeficiente bastante alto, esto es por que la superficie del plano de apoyo de la zapata es muy grande, y esto es debido a que se ha elegido construir un diseño de zapata flexible.

6.1.2 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 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:

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

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.

Largo plazo							
Factores de carga		Factores de forma		Factores de inclinación		Factores de profundidad	
N _q	10,66214239	s _q	1,233153829	i _q	0,765174502	d _q	1
N _c	20,72053122	s _c	1,257284485	i _c	0,740870834	d _c	1
N _γ	6,758296485	s _γ	0,8	i _γ	0,626009403	d _γ	1
				m	1,333333333		
				m _B	1,666666667		
				m _L	1,333333333		
				Θ	0		

Y finalmente obtenemos los siguientes valores para la carga de hundimiento a corto plazo:

q _{h,lp}	3282,445589	q _{hn,lp}	3248,845589
qt	93,19526627	qtn	59,59526627



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.

- Corto plazo

Asientos		I_s	
Datos iniciales		Zapata circular	1
Corto plazo		Zapata cuadrada	1,122
B	1,3	Zapata rectangular	1,203573855
$L=L'$	1,5	$S_i(m)$	0,008305997
Canto	0,5		
Profundidad	1,5	Cumple	Sí
γ_{apa}	22,2		
γ_{sat}	22,4		
q_t	160,7051282		
γ^*	20		
γ_{sum}	0		
q_{tn}	127,4051282		
γ^*	22,4		
E(Kpa)	18000		
v	0,5		
I_s	1,203573855		

- Largo plazo

Asientos		I_s	
Datos iniciales		Zapata circular	1
Corto plazo		Zapata cuadrada	1,122
B	1,3	Zapata rectangular	1,203573855
$L=L'$	1,5	$S_i(m)$	0,006478678
Canto	0,5		

Profundidad	1,5	Cumple	Sí
γ_{apa}	22,2		
γ_{sat}	22,4		
q_t	160,7051282		
γ^*	20		
γ_{sum}	0		
q_{tn}	127,4051282		
γ^*	22,4		
E(Kpa)	28000		
v	0,3		
I_s	1,203573855		

6.1.3 Deslizamiento

Para la comprobación a deslizamiento, la Guía de cimentaciones en obras de carretera establece que la fuerza que se genera en la base de la cimentación debe ser como mínimo 1,5 veces la resultante de las acciones horizontales en el plano de cimentación.

Deslizamiento	
Datos iniciales	
N	288
V	17
ϕ	25
c	150
B	1,3
L	2,6
Canto	0,5
Peso zapata	42,25
T	605,8703596
F	1,5
Cumple	SI

6.1.4 Comprobación a vuelco



Según la Guía de cimentaciones frente a vuelco, no será necesaria comprobar la cimentación frente a vuelco en pilas de puentes o de cimentaciones de obras de paso que satisfagan las condiciones estipuladas de deslizamiento y hundimiento, pero además, se debe garantizar que el punto de paso de la resultante sobre el cimiento quede dentro del núcleo central del área de apoyo en las situaciones de proyecto a considerar.

Por tanto, en este caso particular, donde la carga se encuentra centrada, la resultante queda dentro del núcleo central y centrada por lo que no es posible que se produzca el vuelco de la zapata.

6.2 Aislada

Para los cálculos realizados, previamente ha sido necesaria la obtención de los esfuerzos en los pilares. Como los pilares se encuentran empotrados en cimentación tenemos axil, momento flector y cortante en el empotramiento cuyos valores son:

- Axil: 136 Kn
- Momento flector: 64 Knm
- Cortante: 21 Kn

Por tanto, estos serán los esfuerzos que nos servirán para dimensionar la cimentación. A continuación se procede a las comprobaciones geotécnicas de la zapata, de forma análoga a las comprobaciones de la zapata de medianería.

6.2.1 Comprobación a hundimiento

- Corto plazo

Los datos de partida para el cálculo de hundimiento a corto plazo son los siguientes:

Corto plazo	
B=B'	3
L=L'	3
Canto	0,5
Profundidad	1,5
ϕ	25
c'	271

γ_{apa}	22,4
γ_{apa}	22,4
q	33,6
γ^*	22,4
N	136
V	21
Ru	543
q'	33,6

En la siguiente tabla se recogen los valores de carga, forma, inclinación y profundidad a corto plazo:

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	1,1943	i_c	0,98932	d_c	1
N_γ	0	s_γ	0,6112	i_γ	1	d_γ	1

Y finalmente obtenemos los siguientes valores para la carga de hundimiento a corto plazo:

$q_{h,cp}$	1697,563	$q_{hn,cp}$	1663,963
q_t	21,1227	q_{tn}	12,477

Análogamente realizamos el cálculo a largo plazo:

- Largo plazo

Corto plazo	
B=B'	1,3
L=L'	2,6
Canto	0,5
Profundidad	1,5



ϕ	25
c'	150
γ_{apa}	22,4
γ_{apa}	22,4
q	33,6
γ^*	22,4
N	136
V	21
R_u	-
q'	33,6

• Corto plazo

Asientos		I_s	
Datos iniciales		Zapata circular	1
Corto plazo		Zapata cuadrada	1,122
B	3	Zapata rectangular	1,203573855
$L=L'$	3	$S_i(m)$	0,008305997
Canto	0,5		
Profundidad	1,5	Cumple	Sí
γ_{apa}	22,2		
γ_{sat}	22,4		
q_t	36,9		
γ^*	20		
γ_{sum}	0		
q_{tn}	3,4		
γ^*	22,4		
E(Kpa)	18000		
v	0,5		
I_s	1,203573855		

• Largo plazo

Asientos		I_s	
Datos iniciales		Zapata circular	1
Corto plazo		Zapata cuadrada	1,122
B	3	Zapata rectangular	1,203573855
$L=L'$	3	$S_i(m)$	0,00511343
Canto	0,5		
Profundidad	1,5	Cumple	Sí
γ_{apa}	22,2		
γ_{sat}	22,4		
q_t	36,9		
γ^*	20		

Largo plazo							
Factores de carga		Factores de forma		Factores de inclinación		Factores de profundidad	
N_q	10,66214239	s_q	1,453	i_q	0,9907	d_q	1
N_c	20,72053122	s_c	1,5	i_c	0,98978	d_c	1
N_γ	6,758296485	s_γ	0,6112	i_γ	0,9846	d_γ	1
				m	1,5		
				m_B	1,5		
				m_L	1,5		
				Θ	0		

Y finalmente obtenemos los siguientes valores para la carga de hundimiento a corto plazo:

$q_{h,lp}$	5263,3	$q_{hn,lp}$	5229,707
q_t	18,979	q_{tn}	14,62

Como se puede observar la zapata cumple frente a hundimiento con un coeficiente bastante alto, esto es por que la superficie del plano de apoyo de la zapata es muy grande, y esto es debido a que se ha elegido construir un diseño de zapata flexible.

6.2.2. Comprobación de asientos



γ_{sum}	0
q_{tn}	3,4
γ^*	22,4
E(Kpa)	28000
ν	0,3
I_s	1,203573855

6.2.3. Deslizamiento

Para la comprobación a deslizamiento, la Guía de cimentaciones en obras de carretera establece que la fuerza que se genera en la base de la cimentación debe ser como mínimo 1,5 veces la resultante de las acciones horizontales en el plano de cimentación.

Deslizamiento	
Datos iniciales	
N	136
V	21
ϕ	25
c	150
B	3
L	3
Canto	0,5
Peso zapata	112,5
T	1395,974964
F	1,5
Cumple	SI

6.2.4 Comprobación a vuelco

Según la Guía de cimentaciones frente a vuelco, no será necesaria comprobar la cimentación frente a vuelco en pilas de puentes o de cimentaciones de obras de paso que satisfagan las condiciones estipuladas de deslizamiento y hundimiento, pero además, se debe garantizar que el punto de paso de la resultante sobre el cimiento quede dentro del núcleo central del área de apoyo en las situaciones de proyecto a considerar.

Comprobamos si la resultante pasa por el núcleo central:

Zapata de medianería	
B	3
L	3
Canto	5
N	136
V	21
N'	1261
M	64
V'	21
M'	305
e	0,5
M'/N'	0,241871531
Cumple	SI