

DISEÑO DE FUNDACIONES

1.	CONCEPTOS GENERALES	2
2.	ESTUDIOS DE SUELOS.....	3
2.1.	Casos de Estudio.....	3
3.	DESCRIPCION BREVE DE TIPOS DE SUELOS	5
4.	FUNDACION DIRECTA:.....	5
4.1.	Zapata Centrada	6
4.2.	Zapata en Medianera:	6
4.3.	Comentarios Generales:.....	9
5.	CIMENTACION PROFUNDA.....	11
5.1.	Tipo de Pilotes más usados en Uruguay (en construcción de Edificios)	11
5.2.	Cabezales Rígidos	12
5.2.1.	Cabecal 1 Pilote	12
5.2.2.	Cabecal 2 Pilotes.....	12
5.2.3.	Cabecal 3 y 4 Pilotes	13
5.3.	Vigas centradoras de encepados.	13
5.4.	Vigas centradoras en Medianera	14
5.4.1.	Conceptos Generales	14
5.4.2.	Comentarios:.....	16

1. CONCEPTOS GENERALES

“El cimiento es aquella parte de la estructura encargada de transmitir las cargas al terreno... y se construyen casi invariablemente en hormigón armado.

*Cuando a nivel de la zona inferior de la estructura o próxima a él, el terreno presenta características adecuadas desde el punto de vista técnico y económico para cimentar sobre él, la cimentación se denomina **SUPERFICIAL o DIRECTA**.*

*Si el nivel apto para cimentar está muy por debajo de la zona inferior de la estructura, la excavación necesaria para proceder a una cimentación directa sería muy costosa, se recurre a una **CIMENTACIÓN PROFUNDA**, construida por pilotes”*

El tipo de fundación a adoptar depende básicamente de tres elementos:

- Del perfil del terreno, y la presencia de subsuelos
- De las cargas a fundar, o lo que es lo mismo del porte de la estructura
- De la conveniencia de la empresa.

Sin dudas el terreno es factor fundamental.

Hay suelos que para la pilotera le es imposible hacer el pilote e indefectiblemente se tendrá que ir a una fundación directa.

También hay casos, que no conseguimos un terreno bueno, y la carga a fundar de la estructura es importante, y no habrá dudas que iremos a una solución con Pilotes.

Luego tenemos una amplia gama de variaciones, entre terrenos y cargas, que el proyectista tendrá que tomar la decisión del tipo de fundación a utilizar.

En principio se puede pensar que puede depender claramente del perfil del terreno y de las cargas a fundar, pero para determinados portes de estructura a veces es bueno consultar a la empresa constructora cuál es su preferencia.

Los pilotes les generan un número económico cerrado sin incertidumbres y facilidad en obra, mientras que la fundación directa muchas veces es más económica, pero es un tanto más incierta.

2. ESTUDIOS DE SUELOS

Son estudios hecho por empresas especializadas que mediante cateos hacen un estudio del perfil del terreno, la presencia de agua, y generalmente dan una recomendación para la estructura proyectada.

Para estructuras chicas, muchas veces es un estudio prescindible, que podría ser suficiente ir al lugar a hacer un cateo con una retroexcavadora y verlo in situ.

Tambien hay grandes estructuras, que sin lugar a dudas contaremos con estudio de suelos. Luego hay una gran gama (otra vez) de terrenos y estructuras, que podremos imaginar a que solución iremos, pero siempre es bueno contar con el, y es importante pedirle al cliente un estudio de suelos.

Muchas veces sabemos que indefectiblemente iremos a una solución de pilotes, pero no estamos seguro de la presencia de agua, lo cual nos definen el tipo de pilote a realizar.

RECOMENDACIÓN: Exigir el estudio de suelos para los edificios.

2.1. Casos de Estudio.

A continuación, se presentan algunos casos reales para que el estudiante se familiarice con los estudios de suelos.

CASO 1)

Estructura de PB + 4 Pisos, de muro portante de hormigón.

Estudio de Suelo:

A 0.90m de profundidad la tensión admisible del terreno a la compresión sería de 0.49 kg/cm².

A 1,20m de profundidad la tensión admisible del terreno a la compresión sería de 1.46 kg/cm².

A 2,10m de profundidad la tensión admisible del terreno a la compresión sería de 1.70kg/cm².

A 3m de profundidad la tensión admisible del terreno a la compresión sería de 1.95kg/cm².

A 3,90m de profundidad la tensión admisible del terreno a la compresión sería de 2.43kg/cm².

A 5,10m de profundidad la tensión admisible del terreno a la compresión sería de 3.65kg/cm².

A 6,00m de profundidad la tensión admisible del terreno a la compresión sería de 5.84kg/cm².

A 6,90m de profundidad la tensión admisible del terreno a la compresión sería de 6.33kg/cm².

A 8.10m de profundidad la tensión admisible del terreno a la compresión sería de 6.81kg/cm².

A 9.00m de profundidad la tensión admisible del terreno a la compresión sería de 7.30kg/cm².

A 9.60m de profundidad la tensión admisible del terreno a la compresión sería de 7.30kg/cm².

Las tensiones mínimas referidas a las primeras capas son de bajo valor de resistencia, pero en capas profundas es muy buena porque la arena está muy confinada.

El tipo de fundación a adoptar dependerá de la magnitud y concentración de la carga a transmitir, lo que deberá analizarse en función del proyecto. La definición del tipo de fundación a adoptar, será competencia del Técnico Calculista.

En términos generales, se puede fundar mediante fundaciones directa con zapatas, en profundidades mayores o indirectas con pilotes. Dada la presencia de arena hay que tener precaución de que no se des confinen las capas de arenas, dado que el proyecto presenta subsuelos, las fundaciones con pilotes podrían ser recomendables. No se ha encontrado rechazo, solo mejores resistencias en la profundidad.

CASO 2)

Estructura de SS, PB +4 Pisos

Dejando de lado el tema del relleno, en ambos cateos el perfil está compuesto en los niveles superiores por una arena de color blancuzca a amarillenta, en estado bastante suelta y de potencia del orden el metro.

Por debajo de la arena, se presenta un suelo netamente arcilloso en los niveles superiores, que se continúa luego por un perfil arcillo – arenoso, siendo la consistencia de la misma bastante blanda. En los ensayos S.P.T. realizados a los niveles de interés (por debajo de 4 m, ya que el proyecto contempla un nivel de “subsuelo”), se obtuvieron valores de “N” variables entre 7 y 11. De acuerdo a los valores obtenidos, se puede asumir una tensión de cálculo de punta para el perfil (sin llegar a la “tosca”), del orden de 1.0 kg/cm², tensión insuficiente para una solución de fundación directa, dado el nivel de cagas del proyecto.

A las profundidades indicadas en 3.2 en color rosa claro, de 6.4 m para el cateo 1 y de 8.4 m para el cateo 2 (siempre medido respecto a boca de cateo) se presenta una “tosca” que corresponde a niveles desagregados de la roca. En los ensayos S.P.T. realizados a las mencionadas profundidades, el muestraedor penetró un máximo de 30 cm, comenzando luego un “rechazo”, que implica niveles de roca menos alterados. Se debe tener en cuenta el desnivel de la boca del cateo 2 con respecto al cateo 1 y a su vez la de ambos, con respecto al nivel de vereda.

Dado que el proyecto contempla un único” subsuelo”, la cimentación apropiada es el pilotaje. La presencia de agua en perfil con tramos no cohesivos, hace que necesariamente los mismos deban ser del tipo “hélice continua” y/o del tipo “hinca de tubo”. Un aspecto a tener en cuenta y que puede dificultar la construcción de los mismos, es el relleno de gran parte del terreno en los niveles superiores con material eventualmente no perforable por la maquinaria de pilotaje (hormigón, etc.) y que deberá ser previamente removido.

Dada la poca resistencia friccional del perfil arcilloso, será necesario lograr un muy buen empotramiento de los pilotes en la “tosca” y asegurando su apoyo en los niveles de la roca poco alterada.

3. DESCRIPCION BREVE DE TIPOS DE SUELOS

A modo muy general (y vago), se poseen estos cuatro tipos de suelos

Arena: Tensiones entre 0 y 1.5 Kg/cm².

Se puede llegar a fundar estructura pequeñas y medianas. Siempre controlar que se funde sobre arena limpia y compacta.

Arcillas: Tensiones entre 1.5 y 2.5 Kg/cm².

Posible riesgo de expansión. Se debe extremar los cuidados para mantener seco la zona del apoyo de la fundación.

Toscas (Cristalino muy fracturado): Tensiones entre 3 y 5 Kg/cm².

Generalmente a las piloterías les cuesta pasar la tosca, así que es probable ir a una solución directa sobre la tosca, o ir a buscar la Roca si la hay por debajo.

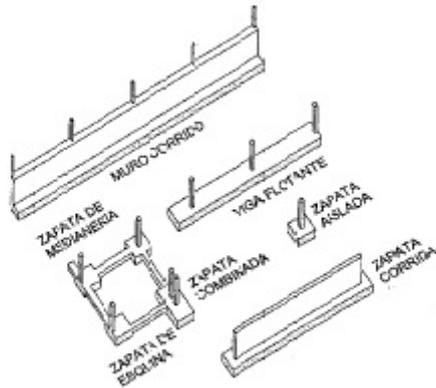
A veces los pilotes entran un poco y se puede fundar mediante pilotes.

Rocas: Tensiones entre 5 Kg y ... 25 Kg/cm²?

Sin lugar a dudas, fundaremos directo sobre ella.

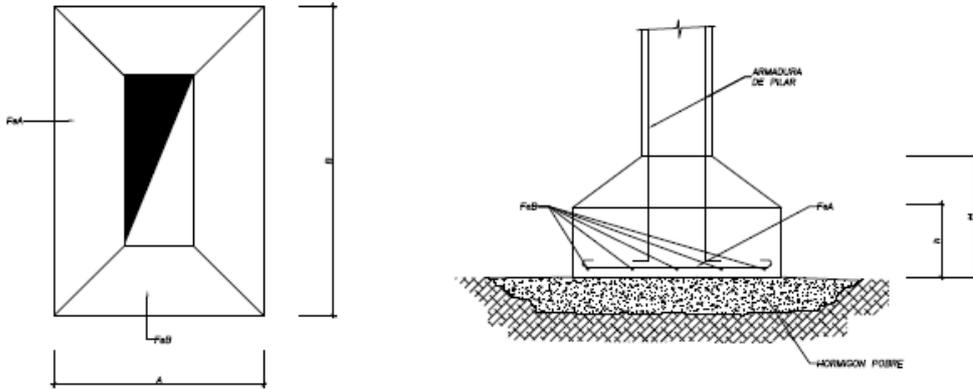
Es recomendable realizar barrenado en varios puntos. Es un estudio que se usa para ver si existe en las capas inferiores próximas, una capa de lisos (arcillas) que nos pueda dar una falla.

4. FUNDACION DIRECTA:

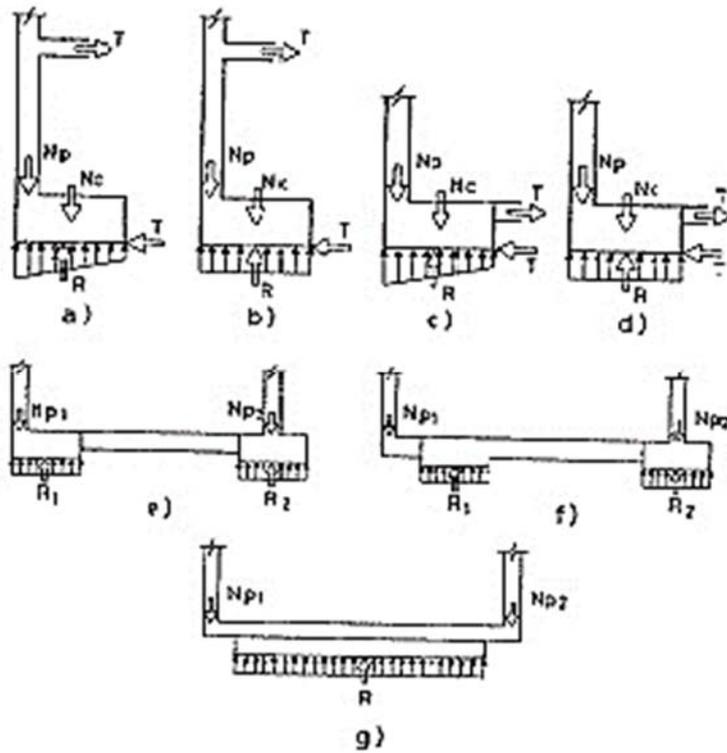


No se explayará en el cálculo de las zapatas ya que se considera que el estudiante posee conocimientos de cómo resolver distintos tipos de zapatas con distintas solicitaciones, o al menos sabe dónde ir a buscar la solución.

4.1. Zapata Centrada

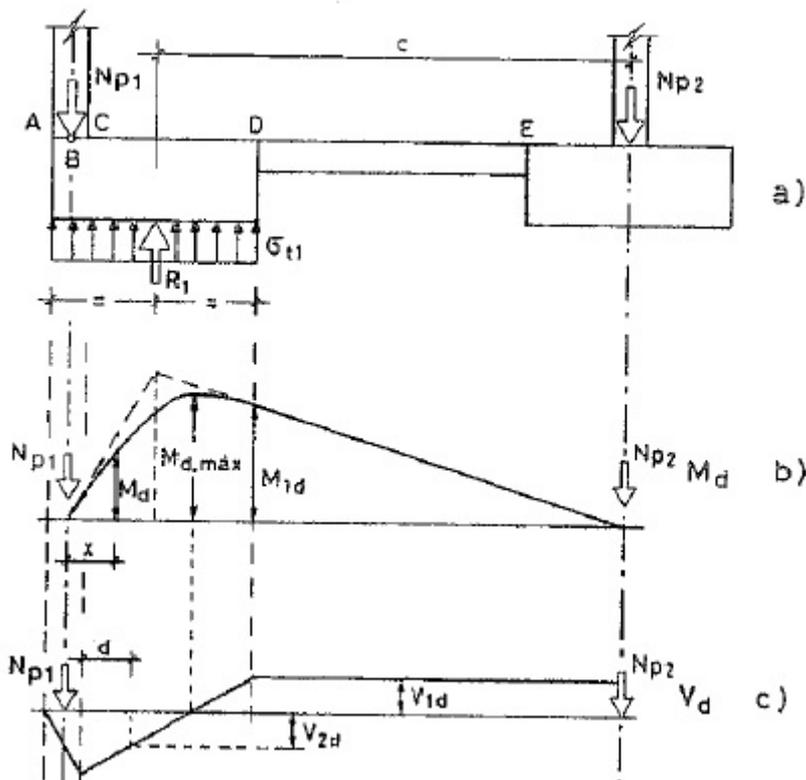
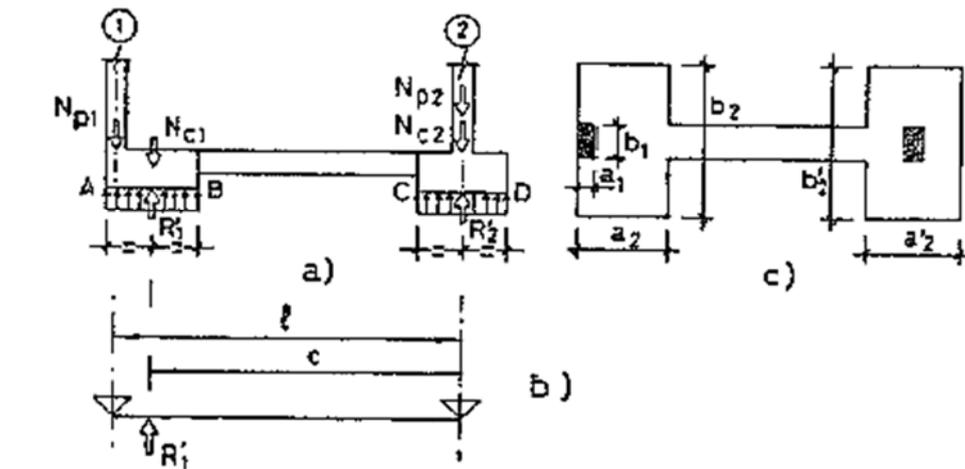


4.2. Zapata en Medianera:

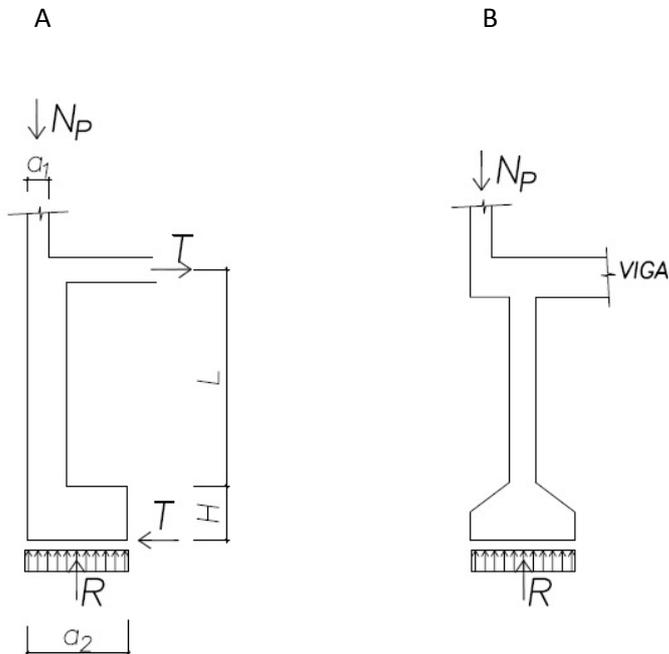


e) Zapata excéntrica con viga centradora.

“El método consiste en enlazar la zapata medianería a otra zapata interior mediante una viga que recibe el nombre de centradora porque efectivamente, desempeña la misión de centrar la fuerza de reacción del suelo bajo la zapata.



Otros casos a estudio.



A)

El momento generado entre N_p y R , es igualado con el generado entre las fuerzas T .

La tensión T debe ser llevada al sistema de resistente lateral.

El pilar debe ser calculado para el momento flector $M=TL$, además de los momentos que ya tuviera por el trabajo general de la estructura.

Nótese que la tracción T superior, puede ir en el dintel de sobre PB , o puede ir a nivel de fundación, y exigir una altura de fundación determinada (L) a cuál debe fundarse el patín.

B)

Solución que no agrega flexión en los pilares, esto es bueno ya que no debemos agrandar el ancho del pilar en PB que muchas veces puede interferir en la Arquitectura.

4.3. Comentarios Generales:

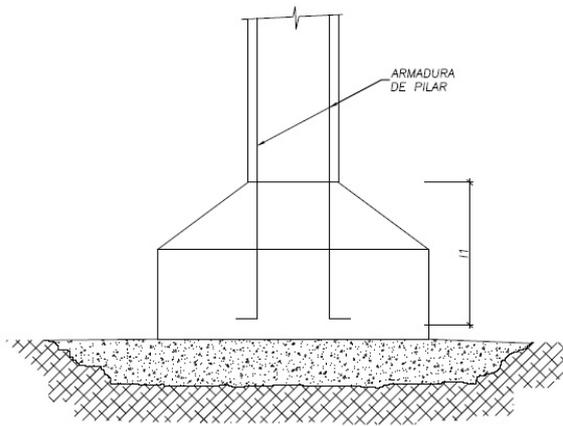
ANCLAJE DE ARMADURA DEL PILAR:

Para el anclaje de barras comprimidas, la patilla horizontal es inútil, la única función que presenta es garantizar la estabilidad durante el llenado.

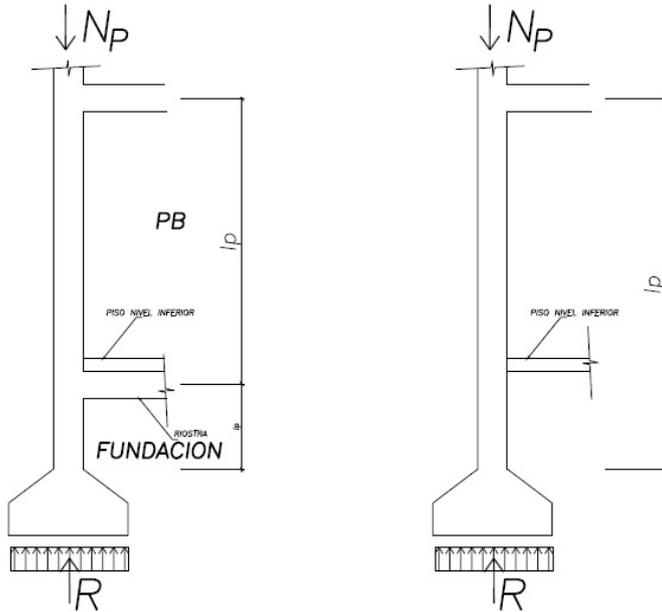
Para la combinación del diámetro de varilla y la altura de la zapata no diera para anclar los hierros, habrá que buscar una solución.

No parece razonable aumentar la altura de la zapata solo a estos efectos. Se puede aumentar la cantidad de barras de espera, en diámetros menores para lograr el anclaje de las mismas.

“Sin embargo, lo anterior pasa inadvertido con frecuencia, con incumplimientos a veces importantes y no existen noticias de problemas patológicos en relación con este aspecto.”



RIOSTRAS.



A diferencia de lo que ocurre en una solución estructural con pilotes, cuando fundamos con zapatas no conocemos, a priori, el nivel de fundación.

Si bien podemos contar con estudios de suelos, con algún punto del terreno estudiados, no debe olvidarse que el terreno es algo irregular y no todos los patines tienen que estar a la misma cota.

Lo importante en una solución con zapatas, es indicar las características del suelo donde debe fundarse, y no una altura fija, para evitar posibles errores.

En el caso que no estemos “metidos” en el suelo a fundar, es recomendable asumir riostras de manera de atar todos los pilares en ambas direcciones.

Si el suelo a fundar aparece muy cerca del nivel de PB, se pueden eliminar las riostras. Siempre es conveniente eliminar cosas, que agregarlas y cargar con un extraordinario.

También es importante notar que, en el caso de disponer riostras, nos aparece un nuevo nivel de pilares que llamaremos “Fundación”. Estos pilares quedan enterrados y se le pueden dar el ancho que uno quiera, cosa que no podemos hacer siempre en PB.

5. CIMENTACION PROFUNDA

“Los pilotes se emplean cuando el terreno resistente (necesario para fundar nuestra estructura), se encuentra a profundidades mayores de los 5 o 6 metros, y cuando el terreno es poco consistente hasta una gran profundidad.”

Para pilotes en edificios, generalmente los dimensionan (y se hacen responsables) las empresas piloterías, esto hace que uno se encuentra en la incertidumbre del diámetro del pilote que realmente se va a usar, y debe estimarlo.

Nuestro trabajo como calculista será entregar a la pilotera puntos de carga (Pilares), con la carga, la cantidad y ubicación de pilotes que desee.

La empresa pilotera que realizara el trabajo, pondrá en cada punto el diámetro a utilizar en función del terreno, de la carga entregada por nosotros y la logística de sus máquinas y mechas.

El calculista deberá confirmar con el proyecto de pilotaje, los diámetros expuestos por el mismo, y en el caso que haya alguna diferencia, y amerite, se deberá ajustar el proyecto de estructura.

Para estimar el diámetro del pilote, es una buena aproximación calcular 50kg/cm^2 de área de pilote, este número empírico está considerado el trabajo de punta como de rozamiento. Este número nos muestra la baja tensión con el cual trabajan los hormigones en los pilotes, por lo tanto no hace falta mucha exigencia en la calidad del mismo.

5.1. Tipo de Pilotes más usados en Uruguay (en construcción de Edificios)

Pilote Perforado:

Se hace la perforación, luego se llena de hormigón y por último se introduce la armadura

Este tipo de pilote se usa en suelos cohesivos capaces de resistir la perforación sin desmoronarse, y ante la ausencia de agua.

Pilote Hélice Continua.

Consiste en una mecha helicoidal con un agujero central que va hormigonado a medida que se saca la mecha. Luego se coloca la armadura.

Se pueden usar en cualquier tipo de suelo y con presencia de agua

Solución muy usada actualmente por la gran versatilidad y rapidez que presenta.

Pilotes gran diámetro con Bentonita.

Se utiliza en diámetros que no hay en hélice continua.

Pilotes encamisados, hinca de tubo, prefabricados, etc.

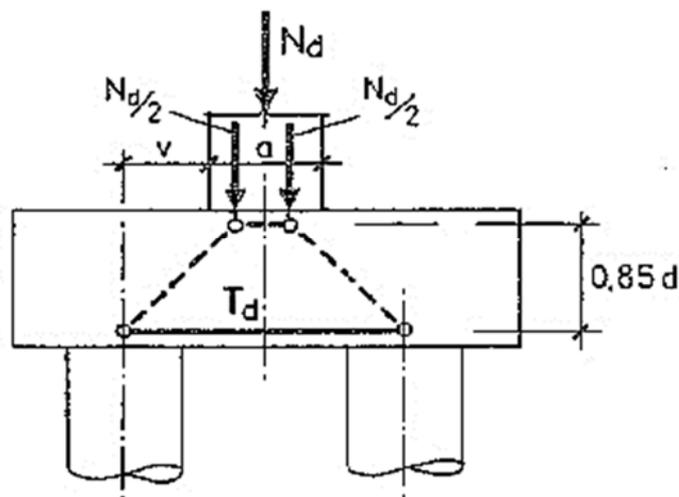
Por diferentes motivos, no tan usuales como los anteriores.

5.2. Cabezales Rígidos

5.2.1. Cabezal 1 Pilote

La comprobación se reduce a la de un macizo de apoyo. Deben llevar vigas centradoras en dos direcciones ortogonales.

5.2.2. Cabezal 2 Pilotes



Algunas Consideraciones:

- Armadura principal se ancla a partir del eje del pilote
- Armadura Superior no debe ser inferior al 10% de la armadura principal. Debido a que es mucho menor armadura, es conveniente doblar esta y usarla para las caras laterales.
- Estribos horizontales y verticales con cuantía mínima de 0.004 (EHE-08)

5.2.3. Cabezal 3 y 4 Pilotes

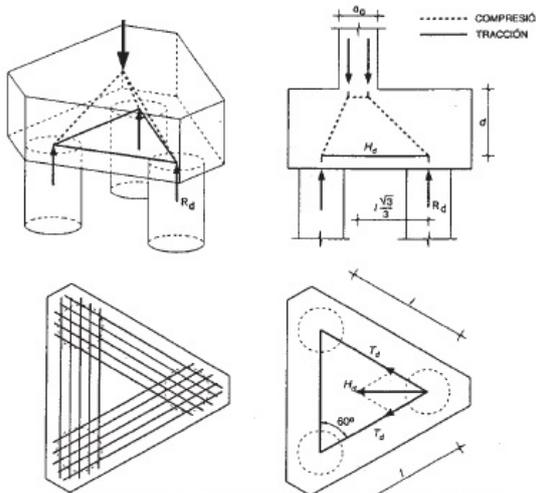


Figura 25.40 Encepado sobre tres pilotes. Fuente: EHE-08

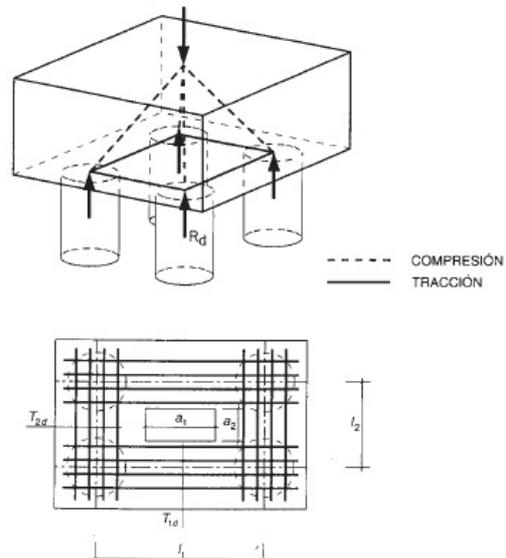


Figura 25.41 Encepado sobre cuatro pilotes. Fuente: EHE-08

Se plantea un modelo de bielas y tirantes.

La armadura principal debe disponerse en bandas sobre los pilotes.

5.3. Vigas centradoras de encepados.

Se emplean para absorber los momentos y excentricidades accidentales en los encepados de uno o dos pilotes.

$$M_{1d} = \frac{k_1}{k_1 + k_2} (Md + Nd \cdot e)$$

Donde k_1 es la rigidez de la viga en estudio, k_2 es la rigidez de la correspondiente viga del otro lado del encepado, y e es la excentricidad accidental.

“La viga centradora no debe dimensionarse nunca para un momento inferior a:

$$M_{2d} = \frac{l^2}{1.2} \text{ (en m y kN)}$$

Que equivale a aceptar una carga ascendente o descendente de 10kN/m que cubra posibles efectos imprevistos, como por ejemplo maquinaria de compactación, posibles asentos de piltoes, expansividad de terrenos, etc.”

Por otra parte la UNIT 1050:2005 pide considerar un esfuerzo axial de tracción o compresión, no menor de 0.1 de la carga transmitida por los soportes, además de los momentos considerados.

5.4. Vigas centradoras en Medianera

5.4.1. Conceptos Generales

Las piloterías se ven imposibilitadas muchas veces de hacer un pilote por tema de espacios en su lugar.

Esto ocurre en las medianeras que no pueden acercarse todo lo que uno quisiera y tenemos que resolver la descarga de un pilar a una distancia de los pilotes.

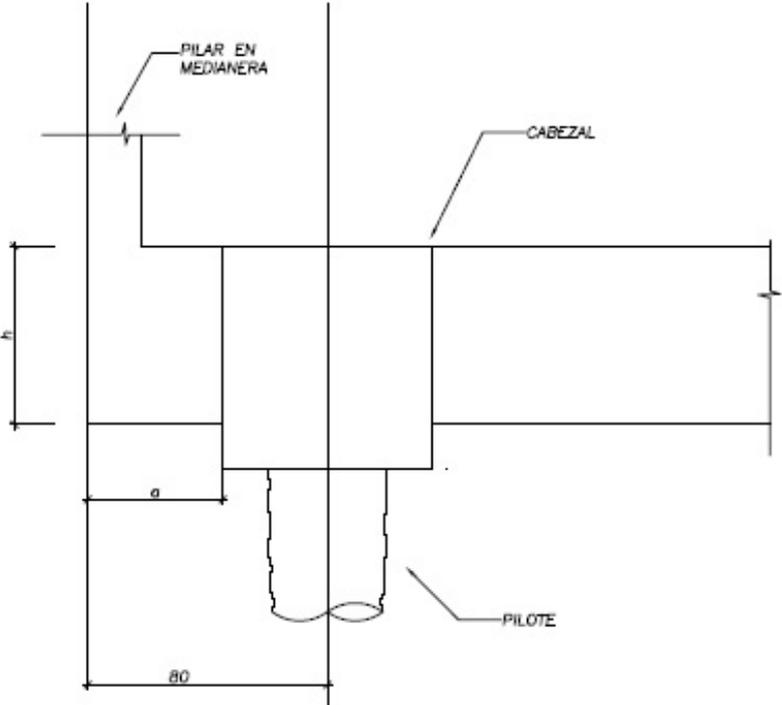
Esta distancia va a depender de la máquina pilotera, de la experticia del maquinista (o la voluntad) y de la existencia de construcciones en medianera.

Parece razonable estimar unos 80 cm del eje de medianera y eje de pilotes. Luego siempre se puede ajustar (para arriba o para abajo) con el replanteo real del pilote realizado.

Por todo lo expuesto anteriormente, y las dimensiones de las vigas centradoras necesarias para la carga en edificios, la gran mayoría de las veces nos encontramos que tenemos que resolver una ménsula corta.

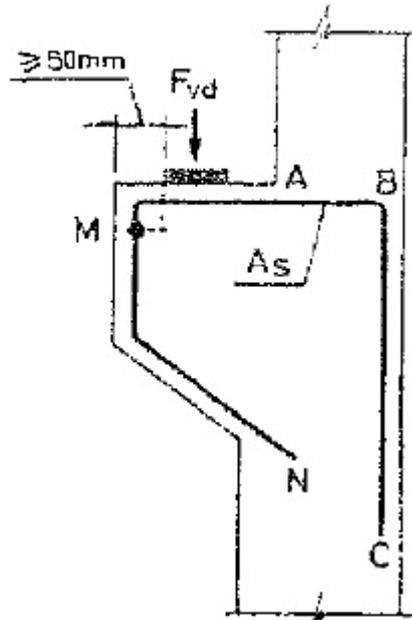
Si por alguna razón, la geometría no entra dentro de las hipótesis de ménsula corta, se deberá resolver según la teoría que se ajuste a la geometría.

ESQUEMA DE VIGA EN MEDIANERA
ALZADO



5.4.2. Comentarios:

- Anclajes de armadura.



“Como norma general y para evitar fallos (..) es conveniente que el área de carga sobre la ménsula esté situada sobre la parte recta de A_s (es decir antes de iniciarse la curva de cambio de dirección) y en todo caso a no menos de 50mm del borde de la ménsula”

Debido a los diámetros que necesitamos en este tipo de vigas, y a la geometría, no se llega a cumplir la condición de anclaje de armadura en el extremo de la ménsula.

Para resolver esto, es usual disponer horquillas superiores de menor diámetro que sean capaces de resistir un % de la carga a definir por el calculista.

Se debe tener en cuenta la reducción del brazo ya que se dispone en capas inferiores que el tirante.

- Es recomendable estimar un % de carga a colgar, si bien es claro que la carga la tenemos arriba de la ménsula, también es verdad que con las horquillas no se llega a soportar la carga total, y además tenemos el problema del anclaje del tirante superior.