



Universidad de Los Andes
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Geológica



CIMENTACIONES

Realizado por:
Montoya Javier C.I.: 16.200.480
Pinto Vega Francisco C.I.:18.964.152

Prof. Norly Belandria
Cátedra: Geotecnia

Mérida, agosto de 2010

INTRODUCCIÓN

Las estructuras se apoyan en el terreno, por lo que este pasa a conformar una parte más de la misma, debido a que el terreno por sus condiciones naturales, presenta menos resistencia y mayor deformabilidad que los demás componentes que conforman la estructura, la edificación, por lo que no puede resistir cargas al igual que la estructura, debido a ello se busca implementar cierto artificio a la estructura que permita transmitir y repartir las cargas al terreno de una manera adecuada para que el mismo no falle o se deforme al exceder su resistencia puntual, estos artificios son las cimentaciones o apoyos de la estructura.

Estas cimentaciones o apoyos deben ser dimensionados en base a las características del terreno y de las cargas de la estructura, y las cuales son de distinto tipo de acuerdo a la utilidad que se busca y al comportamiento natural del terreno.

Para fines del trabajo se desarrollan las cimentaciones directas abriendo preámbulo con que es una cimentación y cuál es la función que cumple, para luego si adentrarse en los distintos factores, parámetros, circunstancias, consideraciones especiales, cálculo, interés entre otros, referente a las cimentaciones directas o superficiales, entendiendo que las mismas son cimentaciones poco profundas, que reparten las cargas en un plano horizontal, utilizadas sobre todo cuando las características naturales del suelo permiten su aplicación.

CIMENTACIÓN

El cimiento es aquella parte de la estructura encargada de transmitir las cargas al terreno. Dado que la resistencia y rigidez del terreno son, salvo raros casos, muy inferiores a las de la estructura, la cimentación posee un área en planta muy superior a la suma de las áreas de todos los soportes y muros de carga.

Lo anterior conduce a que los cimientos son en general piezas de volumen considerable, con respecto al volumen de las piezas de la estructura. Los cimientos se construyen casi invariablemente en hormigón armado y, en general, se emplea en ellos hormigón de calidad relativamente baja, ya que no resulta económicamente interesante el empleo de hormigones de resistencias mayores.

Para poder realizar una buena cimentación es necesario un conocimiento previo del terreno en el que se va a construir la estructura. La correcta clasificación de los materiales del subsuelo es un paso importante para cualquier trabajo de cimentación, porque proporciona los primeros datos sobre las experiencias que puedan anticiparse durante y después de la construcción.

El detalle con el que se describen, prueban y valoran las muestras, depende del tipo de estructura que se va a construir, de consideraciones económicas de la naturaleza de los suelos, y en cierto grado del método con el que se hace el muestreo. Las muestras deben describirse primero sobre la base de una inspección ocular y de ciertas pruebas sencillas que pueden ejecutarse fácilmente tanto en el campo como en el laboratorio clasificando el material en uno de los grupos principales: grava, arena, limo y arcilla. La mayor parte de los suelos naturales se componen por la mezcla de dos o más de estos elementos, y pueden contener por añadidura material orgánico parcial o completamente descompuesto.

CLASIFICACIÓN GENERAL DE LAS CIMENTACIONES

Cimentaciones superficiales

Son aquellas que se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo, por tener éste suficiente capacidad portante o por tratarse de construcciones de importancia secundaria y relativamente livianas.

En estructuras importantes, tales como puentes, las cimentaciones, incluso las superficiales, se apoyan a suficiente profundidad como para garantizar que no se produzcan deterioros. Las cimentaciones superficiales se clasifican en:

- ❖ Cimentaciones ciclópeas.
- ❖ Zapatas:
 - Zapatas aisladas.
 - Zapatas corridas.
 - Zapatas combinadas.
- ❖ Losas de cimentación.

Un caso que se puede considerar intermedio entre las zapatas y las losas es el de la cimentación por medio de un emparrillado, que consiste en una serie de zapatas corridas, entrecruzadas en dos direcciones.

Cimentaciones ciclópeas

En terrenos cohesivos donde la zanja pueda hacerse con paramentos verticales y sin desprendimientos de tierra, el cimiento de concreto ciclópeo (hormigón) es sencillo y económico. El procedimiento para su construcción consiste en ir vaciando dentro de la zanja piedras de diferentes tamaños al tiempo que se vierte la mezcla de concreto en proporción 1:3:5, procurando mezclar perfectamente el concreto con las piedras, de tal forma que se evite la continuidad en sus juntas. Este es un sistema que ha quedado prácticamente en desuso, se usaba en construcciones con cargas poco importantes. El hormigón ciclópeo se realiza

añadiendo piedras más o menos grandes a medida que se va hormigonando para economizar material. Utilizando este sistema, se puede emplear piedra más pequeña que en los cimientos de mampostería hormigonada. La técnica del hormigón ciclópeo consiste en lanzar las piedras desde el punto más alto de la zanja sobre el hormigón en masa, que se depositará en el cimiento. Precauciones:

- ✓ Tratar que las piedras no estén en contacto con la pared de la zanja.
- ✓ Que las piedras no queden amontonadas.
- ✓ Alternar en capas el hormigón y las piedras.
- ✓ Cada piedra debe quedar totalmente envuelta por el hormigón.

Zapatas

Una zapata es una ampliación de la base de una columna o muro, que tiene por objeto transmitir la carga al subsuelo a una presión adecuada a las propiedades del suelo. Las zapatas que soportan una sola columna se llaman individuales o zapatas aisladas. La zapata que se construye debajo de un muro se llama zapata corrida o zapata continua. Si una zapata soporta varias columnas se llama zapata combinada. En la figura 1, se pueden observar los tipos de zapata, que posteriormente serán expuestas con detalle.

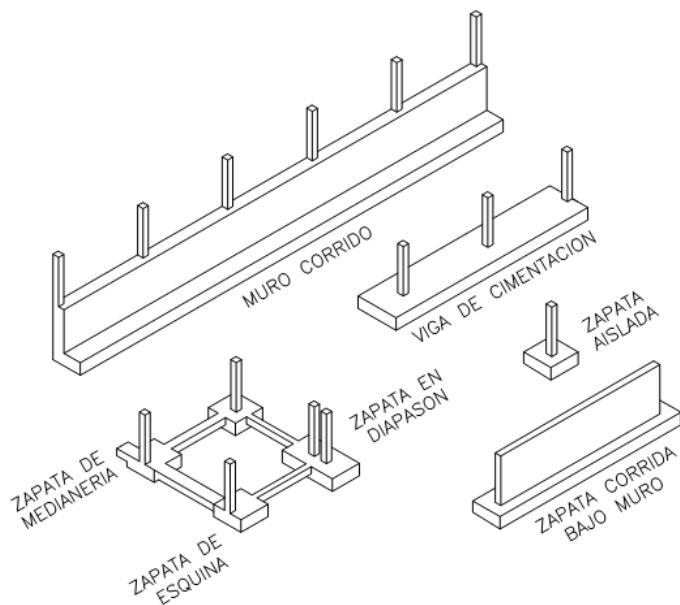


Figura 1: Tipos de Zapatas

Zapatas aisladas

Las zapatas aisladas son un tipo de cimentación superficial que sirve de base de elementos estructurales puntuales como son los pilares; de modo que esta zapata amplía la superficie de apoyo hasta lograr que el suelo soporte sin problemas la carga que le transmite. El término zapata aislada se debe a que se usa para asentar un único pilar, de ahí el nombre de aislada. Es el tipo de zapata más simple, aunque cuando el momento flector en la base del pilar es excesivo no son adecuadas y en su lugar deben emplearse zapatas combinadas o zapatas corridas en las que se asienten más de un pilar. La zapata aislada no necesita junta pues al estar empotrada en el terreno no se ve afectada por los cambios térmicos, aunque en las estructuras sí que es normal además de aconsejable poner una junta cada 3 m aproximadamente, en estos casos la zapata se calcula como si sobre ella solo recayese un único pilar. Una variante de la zapata aislada aparece en edificios con junta de dilatación y en este caso se denomina "zapata ajo pilar en junta de diapasón".

En el cálculo de las presiones ejercidas por la zapata debe tenerse en cuenta además del peso del edificio y las sobrecargas, el peso de la propia zapata y de las tierras que descansan sobre sus vuelos, estas dos últimas cargas tienen un efecto desfavorable respecto al hundimiento. Por otra parte en el cálculo de vuelco, donde el peso propio de la zapata y las tierras sobre ellas tienen un efecto favorable.

Para construir una zapata aislada deben independizarse los cimientos y las estructuras de los edificios ubicados en terrenos de naturaleza heterogénea, o con discontinuidades, para que las diferentes partes del edificio tengan cimentaciones estables. Conviene que las instalaciones del edificio estén sobre el plano de los cimientos, sin cortar zapatas ni riostras. Para todo tipo de zapata, el plano de apoyo de la misma debe quedar empotrado 1 dm en el estrato del terreno.

La profundidad del plano de apoyo se fija basándose en el informe geotécnico, sin alterar el comportamiento del terreno bajo el cimiento, a causa de las variaciones

del nivel freático o por posibles riesgos debidos a las heladas. Es conveniente llegar a una profundidad mínima por debajo de la cota superficial de 50 u 80 cm. en aquellas zonas afectadas por estas variables. En el caso en que el edificio tenga una junta estructural con soporte duplicado (dos pilares), se efectúa una sola zapata para los dos soportes. Conviene utilizar hormigón de consistencia plástica, con áridos de tamaño alrededor de 40 mm. En la ejecución, y antes de echar el hormigón, disponer en el fondo una capa de hormigón pobre de aproximadamente 5 cm de espesor (emplantillado), antes de colocar las armaduras.

Zapatas corridas

Las zapatas corridas se emplean para cimentar muros portantes, o hileras de pilares. Estructuralmente funcionan como viga flotante que recibe cargas lineales o puntuales separadas.

Son cimentaciones de gran longitud en comparación con su sección transversal. Las zapatas corridas están indicadas como cimentación de un elemento estructural longitudinalmente continuo, como un muro, en el que pretendemos los asientos en el terreno. También este tipo de cimentación hace de arriostramiento, puede reducir la presión sobre el terreno y puede puentear defectos y heterogeneidades en el terreno. Otro caso en el que resultan útiles es cuando se requerirían muchas zapatas aisladas próximas, resultando más sencillo realizar una zapata corrida.

Las zapatas corridas se aplican normalmente a muros. Pueden tener sección rectangular, escalonada o estrechada cónicamente. Sus dimensiones están en relación con la carga que han de soportar, la resistencia a la compresión del material y la presión admisible sobre el terreno. Por practicidad se adopta una altura mínima para los cimientos de hormigón de 3 dm aproximadamente. Si las alturas son mayores se les da una forma escalonada teniendo en cuenta el ángulo de reparto de las presiones.

En el caso de que la tierra tendiese a desmoronarse o el cimiento deba escalonarse, se utilizarán encofrados. Si los cimientos se realizan en hormigón apisonado, pueden hormigonarse sin necesidad de los mismos.

Si los trabajos de cimentación debieran interrumpirse, se recomienda cortar en escalones la junta vertical para lograr una correcta unión con el tramo siguiente. Asimismo colocar unos hierros de armadura reforzará esta unión.

Las Zapatas Corridas son, según el Código Técnico de la Edificación (CTE), aquellas zapatas que recogen más de tres pilares. Las considera así distintas a las zapatas combinadas, que son aquellas que recogen dos pilares. Esta distinción es objeto de debate puesto que una zapata combinada puede soportar perfectamente tres pilares.

Zapatas combinadas

Una zapata combinada es un elemento que sirve de cimentación para dos o más pilares. En principio las zapatas aisladas sacan provecho de que diferentes pilares tienen diferentes momentos flectores. Si estos se combinan en un único elemento de cimentación, el resultado puede ser un elemento más estabilizado y sometido a un menor momento resultante.

Consideraciones generales

En las zonas frías, las zapatas se desplantan comúnmente a una profundidad no menor que la penetración normal de la congelación. En los climas más calientes, y especialmente en las regiones semiáridas, la profundidad mínima de las zapatas puede depender de la mayor profundidad a que los cambios estacionales de humedad produzcan una contracción y expansión apreciable del suelo.

La elevación a la que se desplanta una zapata, depende del carácter del subsuelo, de la carga que debe soportar, y del costo del cimiento. Ordinariamente, la zapata se desplanta a la altura máxima en que pueda encontrarse en material que tenga la capacidad de carga adecuada.

La excavación para una zapata de concreto reforzado debe mantenerse seca, para poder colocar el refuerzo y sostenerlo en su posición correcta mientras se cuela el concreto. Para hacer esto en los suelos que contienen agua puede ser necesario bombear, ya sea de cárcamos o de un sistema de drenes instalado previamente.

Losas de cimentación

Una losa de cimentación es una zapata combinada que cubre toda el área que queda debajo de una estructura y que soporta todos los muros y columnas. Cuando las cargas del edificio son tan pesadas o la presión admisible en el suelo es tan pequeña que las zapatas individuales van a cubrir más de la mitad del área del edificio, es probable que la losa corrida sea más económica que las zapatas.

Las losas de cimentación se proyectan como losas de concreto planas y sin nervaduras. Las cargas que obran hacia abajo sobre la losa son las de las columnas individuales o las de los muros. Si no hay una distribución uniforme de las cargas de las columnas o bien el suelo es tal que pueden producirse grandes asentamientos diferenciales, las losas deben reforzarse para evitar deformaciones excesivas. La forma de refuerzo es simplemente utilizando muros divisorios como nervaduras de vigas T conectadas a la cimentación, o bien usando marcos rígidos o haciendo celdas con trabes y contra trabes, es entonces cuando se forman los llamados cajones de cimentación. En la figura 2 se muestran a grandes rasgo la representación de losas de cimentación.

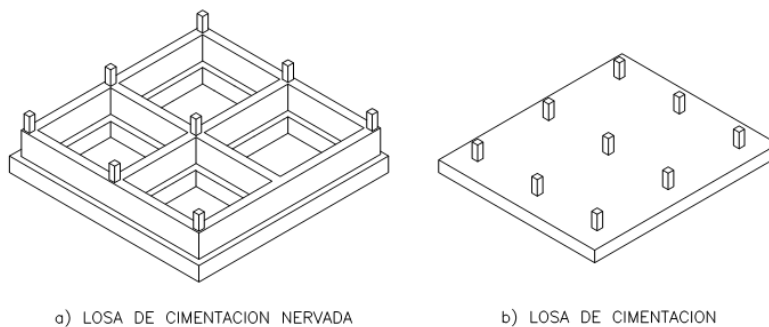


Figura 2: Losas de Cimentación

Consideraciones generales

✓ *Desventajas*

Cabe mencionar que entre más grande sea la losa más costosos resultan los procedimientos constructivos, en estos casos pudiera ser preferente una cimentación a base de pilas o pilotes. El costo de construcción no es la única desventaja de este tipo de cimientos, al estar en contacto con el suelo una gran área de la losa, es necesario protegerla contra la acción de la humedad, la acción de los álcalis y la lixiviación entre otros fenómenos indeseables para el buen funcionamiento de la cimentación.

✓ *Drenaje, impermeabilización y protección contra la humedad*

Es casi inevitable que ocurran filtraciones de agua en los sótanos de los edificios, ya que es precisamente esta parte de la construcción la que está en contacto directo con el suelo, más aún si consideramos los posibles defectos de la construcción. También es importante el considerar las condiciones de aguas freáticas del suelo al proyectar la profundidad de la excavación necesaria para desplantar la losa o cajón de cimentación. Si debe desplantarse por debajo del nivel freático, deben tomarse precauciones especiales para evitar filtraciones importantes dentro de la estructura. En general se utilizan dos métodos: la utilización de drenajes y la impermeabilización.

1. *Drenajes:*

Los drenajes son bastante útiles cuando las filtraciones son pequeñas ya que es fácil evacuar el agua acumulada a bajo costo, frecuentemente por gravedad, por medio de albañales o zanjas. Entre los drenes más comunes están los en zapatas y los de piso, los drenes en zapata se fabrican con tramos cortos de PVC con pequeñas perforaciones que se tienden en zanjas cavadas a un lado de la base de la zapata para ser rellenadas posteriormente con material de filtro; los últimos 30 cm de relleno se hacen con material menos permeable para evitar que se filtre el agua de la superficie. Los drenes de piso no son muy comunes sin embargo, es posible que hayan flujos de agua por debajo de la losa por lo que se aconseja el

uso de drenaje. Estos drenes no deberán conectarse a tubos de bajadas pluviales ni a drenes superficiales.

2. *Impermeabilización:*

Si la cantidad de agua que se colecta en los drenes es muy grande, es recomendable el uso de impermeabilizantes en el sótano y permitir que la losa quede sujeta a la presión del agua freática. Uno de los métodos más eficientes es el de membrana, que consiste en colocar una membrana de material asfáltico cerca del exterior del edificio. El material asfáltico se aplica en caliente y es bastante flexible y lo suficientemente dúctil como para mantener su integridad en caso de que se presenten pequeños agrietamientos en la estructura. Para que la membrana sea totalmente efectiva debe cubrir en su totalidad la superficie de la estructura que esté en contacto con el agua, para ello se requiere la construcción de un sub-piso sobre el cual se coloca la membrana antes de construir la losa como tal. Los muros y pisos que quedan dentro de la membrana están sometidos a la acción de la presión del agua, por lo que deben diseñarse para soportar dichas acciones. Actualmente pueden utilizarse otros tipos de impermeabilizantes especiales o bien pueden usarse aditivos para disminuir la permeabilidad del concreto como el humo de sílice y/o escorias de silicio.

Cimentaciones semiprofundas

- ❖ Pozos de cimentación o *caissons*.
- ❖ Otras cimentaciones semiprofundas:
 - Arcos de ladrillo sobre machones de hormigón o mampostería.
 - Muros de contención bajo rasante.
 - Micro pilotes.

Pozos de cimentación o caissons

Los pozos de cimentación se plantean como solución entre las cimentaciones superficiales, (zapatas, losas, etc.) y las cimentaciones profundas, por lo que en

ocasiones se catalogan como semiprofundas. La elección de pozos de cimentación aparece como consecuencia de resolver de forma económica, la cimentación de un edificio cuando el firme se encuentra a una profundidad de 4 a 6 mts. Algunas veces estos deben hacerse bajo agua, cuando no puede desviarse el río, en ese caso se trabaja en cámaras presurizadas

Como soluciones constructivas para la ejecución de pozos de cimentación se puede indicar que los pozos rectangulares o circulares están condicionados por los medios manuales de excavación, pudiendo alcanzar profundidades de 30 mts con medios mecánicos. Se puede observar cierta analogía, con los pilotes de gran diámetro.

Las formas geométricas adoptadas, según la capacidad portante del terreno y su situación respecto a la edificación pueden ser:

- ✓ Los pozos circulares suelen variar desde los 0.60 m (dimensión mínima para permitir el acceso de un operario) hasta los 2 m de diámetro.
- ✓ Generalmente, al producirse la acción lateral de las tierras sobre el pozo, impide el pandeo de este, por lo que se calcula como un soporte corto.
- ✓ Según las solicitudes, los pozos se pueden ejecutar de hormigón armado, o de hormigón en masa.
- ✓ De forma análoga a las zapatas, se deben disponer vigas de atado entre los pozos, para arriostramiento de los mismos, siendo criterio del proyectista cómo y cuándo deben disponerse.

Otras cimentaciones semiprofundas

Arcos de ladrillo

Por lo general se realizan sobre machones de hormigón o mampostería. En zonas donde la piedra es abundante suele aprovecharse esta como material de cimentación de mampostería. Para grandes construcciones es necesario efectuar en un laboratorio de ensayo pruebas sobre la resistencia de la piedra de que se dispone. Tratándose de construcciones sencillas, en la mayoría de casos resulta

suficiente efectuar la prueba golpeando simplemente la piedra con una maceta y observando el ruido que se produce. Si este es hueco y sordo, la piedra es blanda, mientras que si es aguda y metálico, la piedra es dura.

Muros de contención bajo rasante

Se realizan cuando no se considera necesario anclar el muro al terreno, para el sostén de la edificación, debiendo tenerse en cuenta para la ejecución de los elementos de contención, las cargas que les puedan afectar.

Micro pilotes

Son una variante basada en la misma idea del pilotaje, que frecuentemente constituyen una cimentación semiprofunda.

Cimentaciones profundas

Se basan en el esfuerzo cortante entre el terreno y la cimentación para soportar las cargas aplicadas, o más exactamente en la fricción vertical entre la cimentación y el terreno. Por eso deben ser más profundas, para poder proveer sobre una gran área sobre la que distribuir un esfuerzo suficientemente grande para soportar la carga. Este tipo de cimentación se utiliza cuando se tienen circunstancias especiales: -Una construcción determinada extensa en el área de austerar-. Una obra con una carga demasiado grande no pudiendo utilizar ningún sistema de cimentación especial. -Que terreno al ocupar no tenga resistencia o características necesarias para soportar construcciones muy extensas o pesadas. Algunos métodos utilizados en cimentaciones profundas son:

- ❖ Pilas y Cilindros.
- ❖ Pilotes.
- ❖ Pantallas:
 - pantallas isostáticas.
 - pantallas hiperestáticas.

Pilas y cilindros

En la ingeniería de cimentaciones el término pila tiene dos significados diferentes. De acuerdo con uno de sus usos la pila es un miembro estructural subterráneo que tiene la función que cumple una zapata, es decir transmitir las cargas que soporta al suelo. Sin embargo, en contraste con una zapata, la relación de la profundidad de la cimentación con respecto a la base de las pilas es por lo general mayor que cuatro, mientras que para las zapatas, esta relación es menor que la unidad.

De acuerdo con su segundo uso, una pila es el apoyo, ya sea de concreto o de mampostería para la superestructura de un puente. Puede considerarse a la pila en sí misma, como una estructura que a su vez debe estar apoyada sobre una cimentación adecuada. La base de una pila puede descansar directamente sobre un estrato firme o puede estar apoyada sobre una serie de pilotes. Los cuerpos de pila situados en los extremos de un puente reciben el nombre de estribos.

Las dimensiones del cuerpo de una pila están restringidas entre otras cosas por la magnitud de las reacciones de los apoyos, la distancia para la dilatación de la superestructura y la distancia entre armaduras y trabes. Hay varios tipos de pilas: las llenas se usan regularmente en puentes ferroviarios, las dobles se adaptan muy bien a puentes carreteros y las pilas T suelen usarse para librar claros sobre vías de ferrocarril o carreteras.

Elección del tipo de puente y pila

Entre todas las soluciones posibles, ¿cómo ha de elegirse el mejor proyecto de puente para un caso particular? En la práctica el planteamiento del proyecto de los cimientos -pilas y estribos- y de la superestructura constituye un problema general en el que cada parte está influenciada y depende de cierta forma por las otras. En primer lugar el puente ha de tener cierta capacidad y resistencia para satisfacer el tráfico que transita, además deberá de ser la más apropiada, económica,

factible para su construcción y tendrá que satisfacer ciertas características estéticas y de vida útil.

Entre las cosas más importantes que deben tomarse en cuenta para la elección de las características básicas de la estructura y cimentación de un puente, figuran las siguientes:

1. Los grandes claros horizontales y verticales necesarios para la navegación (cuando el puente cruza un brazo de mar o río) pueden afectar el planteamiento del proyecto de tal manera que únicamente son factibles las estructuras de tramos largos y altos.
2. Es posible que se requiera una estructura de gran altura y con tráfico continuo, por lo que es conveniente utilizar algunos puntos altos de cimentación y de tramos altos.
3. Los accesos largos y elevados pueden resultar mucho más costosos que es posible que convenga más una estructura de un nivel más bajo y un tramo o tramos móviles.
4. Los puentes de tablero superior proporcionan una mejor vista del paisaje que los de tablero inferior, especialmente en los puentes carreteros de manera que, si los claros verticales no son importantes para tramos de igual longitud, los arcos y/o vigas rectas de los puentes de tablero superior resultan más económicas que las de tablero inferior además, se requieren pilas más pequeñas.
5. Debe tomarse en cuenta la elección del material para la construcción, ya sea concreto o acero, ya que cada uno, además del costo, es particularmente apto para ciertos tipos de estructura.
6. La topografía del terreno influye claramente en el diseño de la cimentación y en algunos casos puede ser de utilidad en la construcción de la misma.
7. La cantidad de fondos disponibles para el proyecto, si bien puede condicionar muchas de las acciones del ingeniero, no es una excusa para que se deje de lado la seguridad de la obra, antes, durante y después de su construcción.
8. El tipo de tráfico también puede ser una limitante en el diseño de la estructura, por ejemplo un puente ferroviario requiere de una estructura rígida, de manera que

es más aconsejable el empleo de vigas robustas y pilas adecuadas.

9. Las preferencias personales del propietario, del arquitecto y las del propio ingeniero pueden tener gran importancia al hacer la elección.

Es importante mencionar que, para estimar las cargas que han de utilizarse en el análisis preliminar de las pilas y estribos deberán considerarse básicamente tres tipos de cargas:

- ✓ Cargas muertas o peso propio de la estructura.
- ✓ Cargas vivas o variables, como son el paso de los vehículos a ciertas horas.
- ✓ Cargas accidentales, como las fuerzas sísmicas, de viento, oleaje y nieve.
- ✓ Cargas imprevistas como impactos y explosiones.

Hay pilas huecas, macizas, dobles y de variadas formas, todas ellas según las necesidades del constructor sin embargo, la elección de una u otra forma de pila trae consigo ciertos problemas constructivos, sobre todo si se van a utilizar en puentes marítimos, pues el oleaje intenso, las mareas y la sola presencia del agua son obstáculos difíciles de superar y en ocasiones es necesario utilizar equipo especializado para la excavación e hincas de ciertos tipos de pilas.

Pilotes

Los pilotes son miembros estructurales con un área de sección transversal pequeña en comparación con su longitud. Se hincan en el suelo a base de golpes generados por maquinaria especializada, en grupos o en filas, conteniendo cada uno el suficiente número de pilotes para soportar la carga de una sola columna o muro. Son elementos de cimentación esbeltos que se hincan (pilotes *de desplazamiento* prefabricados) o construyen en una cavidad previamente abierta en el terreno (pilotes *de extracción* ejecutados *in situ*). Antiguamente eran de madera, hasta que en los años 1940 comenzó a emplearse el hormigón. La figura 3 representa pilotes prefabricados y la figura 4, dichas estructuras en vista espacial.

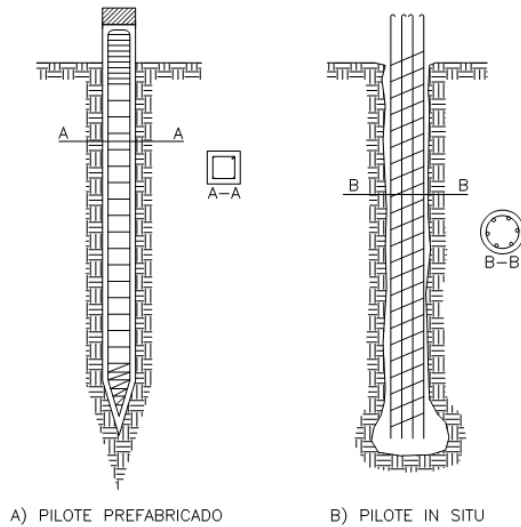


Figura 3: Pilotes prefabricados e in situ

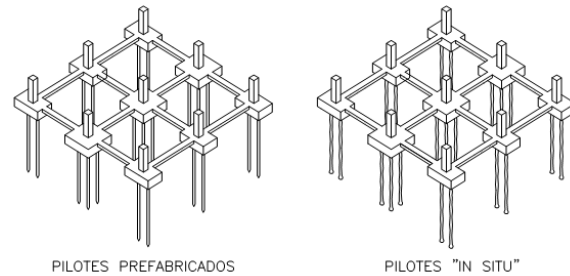


Figura 4: Cimentaciones Profundas

Función de los pilotes

Cuando el suelo situado al nivel en que se desplantaría normalmente una zapata o una losa de cimentación, es demasiado débil o compresible para proporcionar un soporte adecuado, las cargas se transmiten al material más adecuado a profundidad por medio de pilotes o pilas. La diferencia entre estos elementos es algo arbitraria. Evidentemente los pilotes se utilizan cuando las condiciones del suelo no son adecuadas para el empleo de zapatas o losas de cimentación o cuando la construcción de estas en los lugares dispuestos para su emplazamiento son inadecuadas, antieconómicas o bien no viables. Por consiguiente los pilotes van generalmente asociados con problemas difíciles de cimentación y con las condiciones peligrosas del suelo. Sin embargo, esto no significa que las cimentaciones sobre pilotes sean peligrosas, es una advertencia para los inexpertos e imprudentes, particularmente para los propietarios y constructores. El planteamiento de una cimentación con pilotes -y frecuentemente la realización de ésta- requiere obtener todos los datos que puedan conseguirse de un modo razonable sobre las características del suelo sobre el que se va a cimentar, estudiar y comprobar las posibles soluciones para la cimentación, eliminar hasta donde sea posible, toda incertidumbre que pueda evitarse y respetar el sano criterio profesional de la ingeniería.

Tipos de pilotes

Los pilotes se construyen en una gran variedad de materiales, longitud y forma de su sección, y que se adaptan a diversas necesidades de carga, colocación y economía. Entre algunos de los más comunes tenemos:

- ✓ Pilotes de madera: Son el tipo de pilote más antiguo, ya desde la época del Imperio Romano se utilizaban. Proporcionan una cimentación segura y económica con ciertas restricciones, su longitud está limitada por la altura de los árboles disponibles. No pueden resistir esfuerzos debidos a un fuerte hincado ya que pueden romperse fácilmente, sobre todo cuando se penetran estratos muy resistentes.
- ✓ Pilotes de concreto: Son de los más usados en la actualidad, los hay de sección circular, cuadrada y octagonal y en tamaños de 8, 10 y 12 metros. Pueden dividirse en dos categorías: colados en el lugar -in situ- y precolados. Los colados en el lugar pueden ser con o sin ademe. Los precolados pueden ser también preesforzados con el fin de reducir las grietas que se forman por el manejo e hincado además de que proporciona resistencia a los esfuerzos de flexión. Todos los pilotes de concreto son reforzados con acero para evitar que sufran daños durante su transportación y colocación.
- ✓ Pilotes de acero: Los tubos de acero se utilizan mucho como pilotes y usualmente se llena de concreto después de hincados, y si el hincado es violento es posible utilizar perfiles I o H de acero. Estos pilotes están sujetos a corrosión, aunque el deterioro no es significativo aunque si se hincan bajo el mar, la acción de las sales puede ser importante.

Funcionamiento general de un pilote bajo carga

Un pilote puede hincarse dentro de un estrato profundo de suelo granular u cohesivo, cuando se carga un pilote con una carga vertical P aplicada sobre el cabezal del mismo, éste tiende a penetrar más dentro del suelo, lo que genera un cierto comportamiento bajo carga. Los pilotes se pueden clasificar como pilotes de punta y pilotes de fricción. Un pilote de punta obtiene casi toda su capacidad de

carga de la roca o estrato de suelo que está cerca de la punta y muy poca del suelo que rodea su fuste. Por otra parte, un pilote de fricción adquiere su capacidad de carga principalmente del suelo que lo rodea, ya que se generan fuerzas friccionantes y cohesivas que le ayudan a soportar la carga, ya que el suelo que está cerca de la punta soporta un porcentaje muy pequeño de la carga del pilote.

Hay pilotes de varias formas de sección, como ya se había mencionado, así como también hay pilotes cuyo tamaño de sección cambia con la longitud del mismo y son los pilotes cónicos, éstos tienen una gran ventaja ya que al hincarse una parte de la carga es soportada por la punta del pilote mientras el resto de la carga es soportada por las fuerzas cohesivas y de fricción que hay entre el fuste del pilote y el suelo que lo rodea.

Como se dijo anteriormente, los pilotes también pueden trabajar en conjunto, Si los pilotes son de punta cada uno trabajará como un pilar y descargará directamente sobre el suelo o roca; si los pilotes son de igual tamaño, sección, inclinación y penetración, puede suponerse hasta cierto punto que cada uno soportará la misma carga.

Elección del tipo de pilote

La manera de elegir un determinado tipo de pilote se basa en las condiciones del subsuelo, las características de hincado del pilote, el comportamiento esperado de la cimentación y la economía; éste último aspecto debe basarse en el costo total de la cimentación y no únicamente en el costo de los pilotes.

Tipos de cargas en pilotes

La mayoría de las estructuras están sometidas a un conjunto de cargas combinadas y no únicamente a cargas verticales o laterales, por esta razón las cimentaciones deben ser capaces de soportar momentos. Debajo de estructuras como muros de compuertas, muros de sostenimiento y edificios ordinarios se

producen fuerzas verticales hacia abajo causadas por el peso de la estructura y que suelen ser mucho mayores que las fuerzas hacia arriba producidas por los momentos provocados por las cargas laterales. Por otro lado, los pilotes situados del lado de sotavento de las torres altas de acero o depósitos para almacenar gas del tipo de pistón, puede considerarse que producen una reacción que contrarresta las fuerzas verticales hacia arriba.

Cuando deben transmitirse al subsuelo fuerzas laterales por medio de un a cimentación piloteada, es importante el decidir si se deben hincar algunos pilotes inclinados. Esta decisión debe basarse en la capacidad de los pilotes para soportar cargas laterales. Cuando las cargas laterales por pilote exceden a la carga vertical que puede soportar un pilote vertical, es necesario utilizar pilotes tanto verticales como inclinados. Los pilotes inclinados se usan comúnmente en los estribos y pilas de puentes, en los muros de contención y para proporcionar estabilidad a las filas transversales de pilotes.

Cuando se usan pilotes verticales e inclinados, y si están hincados a la misma profundidad y trabajan por punta, se puede suponer que la capacidad de carga axial de cada uno de ellos es la misma; cuando los pilotes son de fricción puede hacerse la misma suposición bajo las mismas condiciones.

Consideraciones generales

Ventajas y desventajas

Algunas de las desventajas que presentan los pilotes son:

- ✓ La dificultad de aumentar o reducir su longitud en caso de que ésta no sea bien estimada.
- ✓ Es difícil saber a simple vista cuando un pilote ha fallado, ya que no es necesario que el pilote desaparezca en las profundidades subterráneas ni tampoco que se rompa o doble.
- ✓ Si un pilote es colocado en un lugar equivocado, ya no es posible su extracción para reutilizarlo.

Algunas de las ventajas en el uso de pilotes son:

- ✓ Resultan convenientes cuando las condiciones del suelo no son favorables para la utilización de otro tipo de cimentaciones.
- ✓ Proporcionan buenas soluciones para la distribución de cargas en el subsuelo ya que pueden trabajar individualmente o en grupos de pilotes.

Pantallas

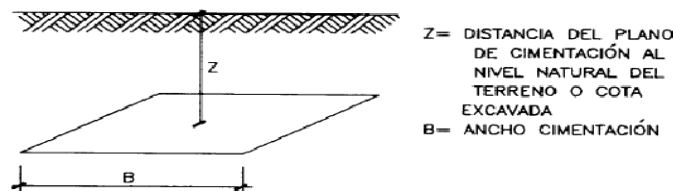
Son muros verticales profundos que soportan las presiones del terreno; por tanto, es necesario anclar el muro a dicho terreno.

Tipos de pantallas

- ✓ Pantallas isostáticas: con una línea de anclajes
- ✓ Pantallas hiperestáticas: dos o más líneas de anclajes.

TIPIFICACIÓN DE CIMENTACIONES

La tipificación entre cimentación superficial y profunda se establece según la relación entre el ancho del cimiento (B) y la profundidad del plano de apoyo (Z). No ha estado claramente delimitada, dependiendo hasta ahora del autor. En la figura 5 se presenta la relación Z/B, donde el *Código Técnico de la Edificación (CTE)*, que es el marco normativo español por el que se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, establece su relación para cimentaciones profundas.



	Berasategui, Espuga & Gibert	A. Jaramillo	CTE
Superficial	$Z/B < 4$	$Z/B < 1$	
Semiprofunda	$4 < Z/B < 10$	$1 < Z/B < 4$	
Profunda	$Z/B > 10$	$Z/B > 5$	$Z/B > 8$

Figura

5: Relación entre ancho del cimiento (B) y profundidad del plano de apoyo (Z)

PRESIÓN DE HUNDIMIENTO

En un cimiento, la aplicación de una carga vertical creciente V , da lugar a un asiento creciente (Figura 6). Las diversas formas que pueden adoptar las curvas de presión-asiento dependen en general de la forma y el tamaño de la zapata, de la naturaleza y resistencia del suelo y de la carga aplicada (tipo, velocidad de aplicación, frecuencia, etc.)

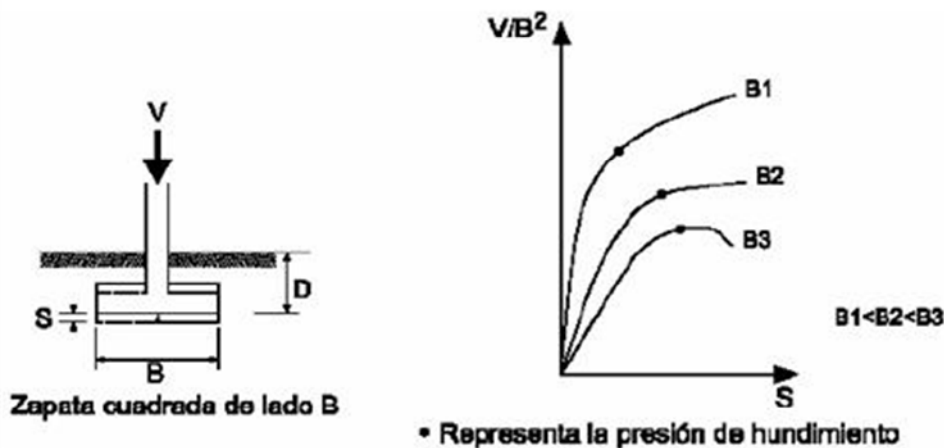


Figura 6 Concepto de presión de hundimiento

Mientras la carga V sea pequeña o moderada, el asiento crecerá de manera aproximadamente proporcional a la carga aplicada. Sin embargo, si la carga V sigue aumentando, la pendiente de la relación asiento-carga se acentuara, llegando finalmente a una situación en la que pueda sobrepasarse la capacidad portante del terreno, agotando su resistencia al corte y produciendo movimientos inadmisibles, situación que se identifica con el hundimiento.

La carga V para la cual se alcanza el hundimiento es en función de la resistencia al corte del terreno, de las dimensiones y forma de la cimentación, de la profundidad a la que está situada, del peso específico del terreno y de las condiciones del agua subálvea.

Estado límite último de hundimiento



El hundimiento se alcanza cuando la presión actuante (total bruta) sobre el terreno bajo la cimentación supere la resistencia característica del terreno frente a este modo de rotura, también llamada presión de hundimiento.

La resistencia del terreno puede expresarse para cada situación de dimensionado mediante la siguiente ecuación:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_r}$$

Siendo:

R_k El valor característico de la presión de hundimiento (qh)

γ_r El coeficiente parcial de resistencia.

Presión admisible y de hundimiento

La presión admisible en el suelo es la presión máxima admisible por un terreno de cimentación que proporciona la seguridad necesaria para evitar la ruptura de la masa de terreno o el movimiento de los cimientos; esta presión se obtiene aplicando un coeficiente de seguridad, impuesto por las normas de edificación, a la carga de rotura del terreno.

Naturaleza del terreno	Presión admisible en Kg/cm ² , para profundidad de cimentación en m de:				
	0	0,5	1	2	3
I. Rocas ⁽¹⁾					
No estratificadas	30	40	50	60	60
Estratificadas	10	12	16	20	29
2. Terrenos sin cohesión ⁽²⁾					
Graveras	--	4	5	6,3	8
Arenosos gruesos	--	2,5	3,2	4	5
Arenosos finos	--	1,6	2	2,5	3,2
3. Terrenos coherentes	--	--			
Arcillosos duros	--	--	4	4	4
Arcillosos semiduros	--	--	2	2	2
Arcillosos blandos	--	--	1	1	1
Arcillosos fluidos	--	--	0,5	0,5	0,5
4. Terrenos deficientes					
Fangos	En general resistencia nula, salvo que se determine experimentalmente el valor admisible				
Terrenos orgánicos					
Rellenos sin consolidar					
Observaciones:					
1) Los valores que se indican corresponden a rocas sanas, pudiendo tener alguna grieta. Para rocas meteorizadas o muy agrietadas las tensiones se reducirán prudencialmente.					
2) Los valores indicados se refieren a arenosos consolidados que requieren el uso del pico para removerlos. Para terrenos de consolidación media en que la pala penetra con dificultad, los valores anteriores se multiplicarán por 0,5. Para terrenos sueltos, que se remuevan fácilmente con la pala, los valores indicados se multiplicarán por 0,5.					
Los valores indicados corresponden a una anchura de cimiento igual o superior a 1 m. En caso de anchuras inferiores, la presión se multiplicará por la anchura del cimiento expresada en metros.					
Cuando el nivel freático diste de la superficie de apoyo menos de su anchura, los valores de la Tabla se multiplicarán por 0,8.					

Tabla 1: Presiones Admisibles en el Terreno de Cimentación. Tomada de <http://www.miliarium.com/prontuario/Tablas/NormasMV/Tabla%208-1.htm>

Se emplearan los siguientes términos en cuanto a la identificación de las presiones, en relación con los principios clásicos de la mecánica del suelo:

- ❖ a) Presión total bruta (q_b): es la presión vertical total que actúa en la base del cimiento, definida como el cociente entre la carga total actuante, incluyendo el peso del cimiento y aquello que pueda gravitar sobre él, y el área equivalente del cimiento.
- ❖ b) Presión efectiva bruta (q''_b): es la diferencia entre la presión total bruta y la presión intersticial de equilibrio, (u), al nivel de la base del cimiento.
- ❖ c) Presión total neta (q_{neta}): es la diferencia entre la presión total bruta y la presión vertical total existente en el terreno (q_0) al nivel de la base del cimiento (sobrecarga que estabiliza lateralmente al cimiento). La presión total neta es, por

tanto, el incremento de presión vertical total a que se ve sometido el terreno por debajo del cimiento debido a las cargas de la cimentación.

- ❖ d) Presión efectiva neta (q''_{neta}): es la diferencia entre la presión efectiva bruta y la presión efectiva vertical al nivel de la base del cimiento, debida a la sobrecarga. La presión total neta es igual a la efectiva neta.
- ❖ e) Presión vertical de hundimiento (q_h , q''_h): es la resistencia característica del terreno R_k para el estado límite último de hundimiento. Puede expresarse en términos de presiones totales o efectivas, brutas o netas.
- ❖ f) Presión vertical admisible ($q_{\text{adm.}}$, $q''_{\text{adm.}}$): es la presión vertical admisible de una cimentación teniendo en cuenta no solo la seguridad frente al hundimiento, sino también su tolerancia a los asentos: por tanto igual o menor que la presión vertical admisible. Puede expresarse en términos de presiones totales efectivas, brutas o netas.

Métodos para la comprobación del estado límite último de hundimiento

En cimentaciones sobre todo tipo de suelos la presión admisible o valor de cálculo de resistencia del terreno R_d se podrá determinar mediante la expresión anteriormente citada:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_r}$$

Siendo:

R_k El valor característico de la presión de hundimiento (q_h)

γ_r El coeficiente parcial de resistencia.

Determinación de la presión de hundimiento mediante métodos analíticos

La presión de hundimiento de una cimentación directa vendrá definida por la ecuación siguiente. Podrá expresarse en presiones totales o efectivas, brutas o netas.

$$q_h = c_k \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot t_c + q_{ok} \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot t_q + \frac{1}{2} B^* \cdot \gamma_k \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot t_\gamma$$

SIENDO:

q_h La presión vertical de hundimiento o resistencia característica del terreno R_k .

q_{ok} La presión vertical característica alrededor del cimiento al nivel de su base.

c_k El valor característico de la cohesión del terreno.

B^* El ancho equivalente del cimiento.

γ_k El peso específico característico del terreno por debajo de la base del cimiento.

N_c, N_q, N_γ

Los factores de capacidad de carga. Son adimensionales y dependen exclusivamente del valor característico del ángulo de rozamiento interno

característico del terreno (ϕ_k) Se denominan respectivamente factor de cohesión, de sobrecarga y de peso específico.

d_c, d_q, d_γ

Los coeficientes correctores de influencia para considerar la resistencia al corte del terreno situado por encima y alrededor de la base del cimiento. Se denominan factores de profundidad.

s_c, s_q, s_γ

Los coeficientes correctores de influencia para considerar la forma n planta del cimiento.

i_c, i_q, i_r

Los coeficientes correctores de influencia para considerar el efecto de la inclinación de la resultante de las acciones con respecto a la vertical.

i_c, i_q, i_r

Los coeficientes correctores de influencia para considerar la proximidad del cimiento a un talud.

Los parámetros característicos de la resistencia al corte del terreno

(C_k, ϕ_k) deben ser representativos, para cada situación de dimensionado, de la resistencia del terreno en una profundidad comprendida, al menos, entre vez **(1.0 B)** y vez y media **(1.5 B)** el ancho real de la cimentación **(B)**, a contar desde la base de esta.

La expresión anterior se podrá ampliar con factores de influencia adicionales para tener en cuenta la existencia de una capa rígida a escasa profundidad bajo la cimentación, la inclinación de la base de la zapata, etc. Los factores a emplear en estos casos deben encontrarse suficientemente justificados y documentados, y se ajustaran a los criterios comúnmente aceptados en mecánica de suelos.

A efectos prácticos, si el terreno es uniforme (de peso específico aparente aproximado (18Kn/m^3) y si la cimentación se encuentra por encima del nivel freático, sobre el terreno horizontal, se podrán tomar los valores de la presión de hundimiento que figuran a continuación, validos para zapatas rectangulares de ancho equivalente comprendido entre 1 y 3.

Presiones de hundimiento para zapatas $1 \leq B' \leq 3$, (kN/m^2)

ϕ (°)	C_k (kN/m^2)	$B' / L' = 1$			$B' / L' = 0,5$			$B' / L' = 0,25$			$B' / L' = 0$		
		D (m)			D (m)			D (m)			D (m)		
		0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
0°	50	310	385	450	280	355	420	270	340	400	255	325	385
	100	615	750	860	565	690	790	540	660	755	515	630	720
	150	925	1120	1265	850	1025	1160	810	980	1110	770	935	1060
15°	10	145	255	375	140	245	360	135	240	355	130	235	350
	20	280	410	545	260	390	520	250	375	510	240	365	495
20°	10	215	385	570	210	375	560	205	370	555	200	365	550
	20	395	595	805	370	570	775	360	555	760	350	540	745
25°	10	335	605	915	330	600	905	330	595	900	330	595	895
	20	580	900	1240	560	870	1205	550	855	1185	535	840	1165
30°	0	190	580	1055	230	620	1095	250	640	1115	270	660	1135
	10	550	1010	1530	560	1015	1530	565	1015	1530	570	1020	1530
35°	0	425	1135	1990	520	1225	2085	565	1270	2130	610	1320	2175

Tabla 2: Presiones de Hundimiento. Tomada de <http://www.monografias.com>

CIMENTACIONES SOBRE RELLENOS COMPACTADOS

El proyecto de una estructura apoyada en un terraplén, ha de contemplar dos etapas. La primera es determinar si el peso del terraplén y del edificio producirá asentamientos excesivos a gran profundidad. Si este es el caso, deberán tomarse medidas para evitar el asentamiento o sus consecuencias, o inclusive, puede considerarse que el lugar no sirve para el objetivo planeado, solamente en el caso de que las consecuencias perjudiciales de los asentamientos a gran profundidad puedan aceptarse o eliminarse, debe emprenderse la segunda etapa del proyecto. El asentamiento de los materiales blandos inferiores puede entonces ignorarse, y a las cimentaciones se les darán las dimensiones de acuerdo con las características del relleno, considerando debidamente la resistencia del suelo que está debajo del terraplén.

CAPACIDAD DE CARGA EN CONDICIONES SIN DRENAJE

Carga en Faja

Se aplica a suelos cohesivos (saturados) en los que las condiciones desfavorable se suelen producir inmediatamente tras la carga, es decir, antes de que los excesos de presión intersticial generados hayan podido disiparse.

El sin drenaje se efectúa en tensiones totales, adoptando $\Phi = 0$, $c = S_c$, con lo que los de capacidad de carga adoptan los siguientes valores:

$$N_q (\Phi=0) = 1$$

$$N_c (\Phi=0) = 5,14$$

$$N_y (\Phi=0) = 0$$

En consecuencia, la tensión de hundimiento total bruta resulta:

$$Q_h (\text{bruta}) = S_u N_c + q_0 = 5,14 S_u + \varphi D$$

Donde:

- φ es el peso específico aparente del terreno situado por encima de la base de la cimentación.
- D es la profundidad de la base del cimiento.

Factores de Corrección

1. Influencia de la profundidad de cimentación

Es un efecto que considera el aumento de la tensión de hundimiento disponible, debido a la movilización de la resistencia al corte del terreno al momento de establecer la cimentación y el movimiento que del terreno aledaño a ella.

Por la corrección se considera la propuesta de Skempton del factor de corrección d_c a aplicar al término de cohesión S_c , función de la relación profundidad/ancho de la cimentación, aplicando este factor de corrección la presión de hundimiento total bruta en condiciones sin drenaje para una carga en faja resulta:

$$q_h = 5,14 d_c S_u + \varphi D$$

No se debe considerar en zapata poco profundas en un terreno arcilloso de plasticidad elevada.

Para considerar el uso del término debe establecerse la hipótesis que se usara durante toda la vida útil de la estructura.

2. Influencia de la Forma de la Cimentación

Es un efecto de aumento de la resistencia en función de la forma de la cimentación ya que la superficie de rotura será distinta para cada forma. Para lo cual se introduce el factor de corrección (S_c), que se toma como:

$$S_c = 1,20 \text{ para zapata Circular}$$

$$S_c = 1 + 0,2B/L \text{ para una zapata rectangular de dimensiones en planta } B \cdot L$$

Aplicando este factor de corrección la presión de hundimiento total bruta en condiciones sin drenaje para una carga en faja resulta:

$$q_h = 5,14 d_c S_c S_u + \varphi D$$

CAPACIDAD DE CARGA EN CONDICIONES SIN DRENAJE

Carga en Faja

Cuando la permeabilidad del suelo es suficientemente elevada como para que lo exceso de presión intersticial generado por la aplicación de las cargas de cimentaciones se disipe de forma casi simultánea con la construcción (caso de los

suelos eminentemente granulares), el cálculo de la presión de hundimiento se realiza en tensiones efectivas. También es aplicable a los suelos de baja permeabilidad (arcillas) cuando se desee determinar la capacidad de carga una vez se haya alcanzado el estado de equilibrio de presión intersticial y hayan concluido los procesos de consolidación.

La expresión básica de la presión de hundimiento efectiva bruta para una carga en faja, resulta:

$$q'h(\text{bruta}) = c'N_c + q_0 N_q + 1/2 B \phi' N_\phi$$

Factores de Corrección

1. Influencia de la Profundidad de Cimentación:

El efecto es el mismo que en el caso sin drenaje, pero en condiciones drenadas, los coeficientes a emplear para tener en cuenta la resistencia del terreno por encima del plano de cimentaciones puede tomarse:

$$N_c: d_c \text{ (figura)}$$

$$N'_q: 1 \text{ (se suele despreciar)}$$

$$N_\phi': d_\phi \text{ (no tiene influencia real).}$$

2. Influencia de la forma de la cimentación

Ocurre el mismo efecto que para condiciones de carga sin drenaje. Para condiciones drenadas se puede emplear:

$$N_c: S_c, \text{ definido para condiciones sin drenar}$$

$$N_q: S_q = 1 + 1,5 \tan(\Phi') B/L$$

$$N_\phi: S_\phi = 1 - 0,1 B/L$$

Control de la compactación

La construcción de un relleno compactado requiere un cuidadoso control. Para lograrlo, comúnmente se sigue uno de los dos procedimientos; las circunstancias indican cual de los dos deberá emplearse en cada obra particular.

En muchas obras pequeñas no se conoce el banco del que se va extraer el relleno, ni el tipo de equipo de compactación que se usará, antes de efectuar el contrato. Bajo estas condiciones, el ingeniero usualmente especifica condiciones generales para la aceptabilidad del material de relleno y exige se coloque dentro de un intervalo de humedad cercano a la óptima y se obtenga un grado de compactación mínimo. También especifica las normas de compactación aplicables; para la mayor parte de los edificios se designa la prueba Proctor Estándar. El procedimiento de control en el campo consiste en determinar la curva humedad-peso volumétrico seco correspondiente a la prueba Proctor Estándar para cada tipo de material de relleno, y en ejecutar pruebas de control en el campo, para determinar si la humedad de compactación estaba dentro del intervalo especificado y se obtuvo el peso volumétrico seco señalado. Los detalles del procedimiento se dejan al contratista. El procedimiento tiene dos inconvenientes principales; cuando los suelos son variables, pueden llegar a necesitarse muchas pruebas para identificar a los materiales en que se han hecho las pruebas de campo, con aquellos en que se han obtenido las curvas de humedad-peso volumétrico seco, y tendrá que eliminarse mucho relleno ya hecho, si las pruebas de comprobación descubren defectos en suelos ya cubiertos con más relleno.

Durante el control de la compactación, deben evitarse las arcillas de elevado potencial expansivo como relleno bajo cimentaciones o pisos de apoyo directo en dicho relleno. Las condiciones a largo plazo de equilibrio de humedad en el relleno. Las condiciones a largo plazo de equilibrio de humedad en el relleno situado debajo de la estructura, rara vez corresponden a las que existían cuando se hizo la construcción y son muy difíciles de predecir. Si el suelo se seca, es posible que se contraiga en forma desigual, y algunas porciones de los pisos o algunas zapatas pierdan su capacidad de carga, produciéndose entonces asentamientos irregulares. Si la humedad aumenta, la estructura, y especialmente el piso, pueden hincharse irregularmente y agrietarse y se producirán grandes empujes en los muros de la cimentación. Si no existe alguna alternativa práctica

para no usar arcilla expansiva para relleno, es preferible tender y compactar el material algo más húmedo que con la humedad óptima, porque los efectos de la expansión son usualmente más perjudiciales que los de la contracción. Si la humedad en el relleno puede aumentar y disminuir alternativamente, pueden pronosticarse daños importantes.

Ensayo Proctor para prueba de compactación

El Ensayo Próctor es una prueba de laboratorio que sirve para determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de un suelo compactado.

El primer método en relación a esta técnica es el conocido como Prueba Proctor Estándar. El más empleado actualmente es el denominado Prueba Proctor Modificado en donde se aplica mayor energía de compactación que el estándar, ya que es más adecuado a las solicitaciones de las estructuras que se construyen en la actualidad. En algunos casos, según las condiciones, se emplea el ensayo conocido como Proctor de 15 golpes. Básicamente, todos se realizan por compactación del suelo, con condiciones variables. En la tabla siguiente se especifican las diferentes pruebas (estándar, modificado y 15 golpes).

Método Proctor	N	Tamaño molde (cm)	Volumen molde (cm)	Pisón (kg)	Nº Capas	Altura Caída (cm)	Nº Golpes	Energía Compac/ Volumen(kgxm/m3)
Estandar	a	11.64 *10.16	943.33	2.49	3	30.48	25	60.500
Estandar	b	11.64*15.24	2123.03	2.49	3	30.48	55	60.500
Modificado	c	11.64*10.16	943.33	2.49	5	45.72	25	275.275
Modificado	d	11.64*15.24	2123.03	2.49	5	45.72	55	275.275
15 Golpes	e	11.64*10.16	943.33	2.49	3	30.48	15	36.400

Tabla 3: Diferentes pruebas (estándar, modificado y 15 golpes), para ensayo Proctor. Tomada de: http://www.construmatica.com/construpedia/Ensayo_Proctor#Descripci.C3.B3n_Ampliada

CONCLUSIONES

Las cimentaciones son elementos de una estructuras que pasan a conforma una parte esencial de la misma debido a que ellas van a permitir la comunicación de la cargas de la estructuras hacia el terreno, con lo que ayudan al terreno, al suelo, a resistir esta cargas, por lo que el mismo no sufrirá y se comportara idealmente para las condiciones que se está sometiendo. Por lo tanto la cimentación viene a conforma las bases de la estructura y de ahí que el comportamiento de edificación u obra civil va estar forzado a como esta trabaje y se comporte.

Debido a la importancia que cobra la cimentación, la misma esta forzada a cumplir con ciertos parámetros geométricos, de presión, de conformación que responden a las características del suelo y de las cargas de la estructuras y los cuales se esbozaron a lo largo del trabajo. Por lo tanto el diseño de una cimentación no es algo que se realiza de manera intuitiva sino que cumple con una metodología de diseño que evalúa desde la forma de la cimentación hasta la profundidad que esta va comprender, así como también las características naturales del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ❖ González de Vallejo, Luis & Otros (2004). Ingeniería Geológica. Pearson Educación, S.A. Madrid.
- ❖ Peck, Ralph & Otros (2004). Ingeniería de Cimentaciones. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México, D.F.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- ❖ <http://es.wikipedia.org/wiki/Cimentación>
- ❖ http://es.wikipedia.org/wiki/Código_Técnico_de_la_Edificación
- ❖ <http://html.rincondelvago.com/cimentacion.html>
- ❖ <http://html.rincondelvago.com/cimentaciones.html>
- ❖ http://html.rincondelvago.com/cimentacion_pilotaje_construccion.html
- ❖ <http://inciarco.com/foros/showthread.php?p=22353>
- ❖ <http://sig.ayto-caceres.es/pgou/documentacion/anejos/Sur/fratres.pdf>
- ❖ <http://www.arqhys.com/tipos-cimentaciones.html>
- ❖ http://www.arquitectosdecadiz.com/uploads/%C1reas_Estructuras/Tipos%20de%20cimentacion.pdf
- ❖ <http://www.arquitectuba.com.ar/monografias-de-arquitectura/cimentaciones-3/>
- ❖ <http://www.edicionsupc.es/ftppublic/pdfmostra/EC01201M.pdf>
- ❖ <http://www.monografias.com/trabajos73/hundimiento/hundimiento2.shtml>
- ❖ http://www.construmatica.com/construpedia/Ensayo_Proctor#
- ❖ <http://www.parro.com.ar/definicion-de-presión+admisible+del+terreno>
- ❖ http://www.uclm.es/area/ing_rural/Trans_const/Tema24.pdf