



**ELABORACIÓN DE UN MANUAL PARA EL
DISEÑO GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL
DE FUNDACIONES SUPERFICIALES
CORRIDAS QUE SIRVA COMO MATERIAL
DE ESTUDIO A LOS ALUMNOS DE LA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

Autores:

Lugo José Rafael

C.I. 23.649.695

Ramírez Andrés

C.I.20.708.034

Urb Yuma II, Calle N° 3, Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (Máster) – Fájx: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**ELABORACIÓN DE UN MANUAL PARA EL DISEÑO GEOTÉCNICO Y
ESTRUCTURAL DE FUNDACIONES SUPERFICIALES CORRIDAS QUE
SIRVA COMO MATERIAL DE ESTUDIO A LOS ALUMNOS DE LA ESCUELA
DE INGENIERIA CIVIL**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO CIVIL**

Autores:

Lugo José Rafael

C.I. 23.649.695

Ramírez Andrés

C.I.20.708.034

Tutor:

Ing. Luis Rodríguez

San Diego, Junio del 2017



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Luis Rodríguez portador de la cédula de identidad N°15.148.806, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por los ciudadanos Andrés Ramírez y José Rafael Lugo, portadores de la cédula de identidad N°20.708.034 y 23.649.695, (respectivamente), **ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE ESTUDIO PARA EL DISEÑO GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL DE FUNDACIONES SUPERFICIALES CORRIDAS QUE SIRVA COMO MATERIAL DE ESTUDIO A LOS ALUMNOS DE LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL** presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 21 días del mes de Junio del año dos mil diecisiete.

Ing. Luis Rodríguez



Universidad José Antonio Páez
Facultad de Ingeniería

FI-I-045-2017-2

Valencia, 07 de Julio de 2017.

Ciudadanos:

Lugo José

C.I. 23.649.695

Ramírez Andrés

C.I. 20.708.034

Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 2-2017 de fecha 07/07/2017 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado "ELABORACIÓN DE UN MANUAL PARA EL DISEÑO GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL DE FUNDACIONES SUPERFICIALES CORRIDAS QUE SIRVA COMO MATERIAL DE ESTUDIO A LOS ALUMNOS DE LA ESCUELA DE CIVIL." Presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Luis Francisco Rodríguez, C.I. 15.148.806 y la Ing. Alicia Pizzella, C.I. 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Ing. José Gregorio Díaz
Decano de la Facultad de Ingeniería.



c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (2).

JCD/ft.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

San Diego, Junio de 2017

ACTA DE REVISIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

Quien suscribe esta Acta, deja constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: **ELABORACION DE UN MANUAL DE ESTUDIO PARA EL DISEÑO GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL DE FUNDACIONES SUPERFICIALES CORRIDAS QUE SIRVA COMO MATERIAL DE ESTUDIO A LOS ALUMNOS DE LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL** ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos por su aprobación, recomienda su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Nombre del Tutor

Firma

Fecha

Ing. Luis Rodríguez.

Nombre del Tutor Metodológico

Firma

Fecha

Ing. Alicia De Pizzella.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pp
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	3
1. EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	4
1.3 Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Justificación.....	5
1.5 Alcance.....	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes.....	6
2.2 Bases Teóricas.....	7
2.2.1 Generalidades de suelo de fundación.....	7
2.2.2 Clasificación de los suelos.....	8
2.2.3 Sistema unificado de clasificación de los suelos.....	9
2.2.4 Estudios Geotécnicos.....	10
2.2.5 Información geotécnica necesaria para el diseño de fundaciones	10
2.2.5.1 Diseño estructural de los elementos interactuantes con el suelos	11
2.2.6. Sistemas de fundación.....	11
2.2.7 Tipos de fundaciones.....	11
2.2.8 Diseño geotécnico de fundaciones superficiales.....	13
2.2.8.1 Capacidad de carga ultima.....	13
2.2.8.2 Asentamiento.....	26
2.2.9 Diseño estructural de fundaciones superficiales.....	29
2.2.9.1 Diseño de fundaciones corridas.....	29
2.2.9.2 Zapatas corridas para soportar muros.....	31
2.2.9.3. Zapatas corridas sin contratraves para soportar dos o más columnas	31

2.2.9.4 Zapatas corridas con contratraves.....	32
2.3 Definición de Términos.....	33
3. MARCO METODOLÓGICO	34
3.1 Tipo de Investigación.....	34
3.2 Diseño de la Investigación.....	35
3.3 Nivel de la Investigación.....	36
3.4 Población y Muestra.....	36
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	36
3.6 Fases Metodológicas.....	37
4. RESULTADOS	39
FASE I.....	39
FASE II.....	39
FASE III.....	40
FASE IV.....	40
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
5.1. Conclusiones.....	41
5.2. Recomendaciones	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO

FIGURAS	Pp.
1. Falla General por corte.....	14
2. Falla local por corte.....	15
3. Falla por punzonado.....	16
4. Factores de capacidad de carga para la teoría de Meyerhof.....	18
5. Cimentaciones cargadas excéntricamente.....	19
6. Cimentaciones de columnas con carga excéntrica.....	21
7. Análisis de una cimentación con excentricidad en dos direcciones.....	22
8. Área efectiva para el caso I.....	23
9. Área efectiva para el caso II.....	24
10. Área efectiva para el caso III.....	24
11. Área efectiva para el caso IV.....	25
12. Asentamiento elástico de fundación superficial.....	26
13. Calculo de asentamiento por consolidación.....	28
14. Zapatas aisladas y zapatas corridas.....	29
15. Zapatas aisladas y zapatas traslapadas.....	29
16. Isométrico de la zapata corrida.....	30



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE ESTUDIO
PARA EL DISEÑO GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL DE FUNDACIONES
SUPERFICIALES CORRIDAS QUE SIRVA COMO MATERIAL DE ESTUDIO A
LOS ESTUDIANTES DE LA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL.**

Autores: Andrés Ramírez
José Rafael Lugo
Tutor: Luis Rodríguez
Fecha: Junio, 2017

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como propósito brindar un apoyo documental a los estudiantes y docentes de pregrado en la cátedra de fundaciones y muros de la carrera de ingeniería civil; a través de la elaboración de un manual de diseño de fundaciones superficiales de tipo zapata corrida. Para lo cual se evaluaron las diferentes etapas que conllevan al diseño de dicha fundación superficial, partiendo desde la recolección de información geotécnica del sitio hasta llegar al diseño geotécnico y por último el diseño estructural de la fundación. Para esto se evaluaron las condiciones geotécnicas del terreno de fundación dada una estratigrafía, se estimaron los parámetros geotécnicos de importancia como la capacidad última de carga, con lo que se obtuvo el pre-dimensionado de la fundación evaluando las deformaciones producidas al terreno por condiciones geotécnicas, cargas y dimensiones. Finalmente con el pre-dimensionado de la fundación se calculó el acero de refuerzo y la sección mínima de concreto que debe tener la misma para cumplir con los requisitos de diseño por flexión, corte y punzonado, establecidos en la norma Venezolana COVENIN 1753-2006 y ACI 318-14.

Descriptores: Manual, Fundaciones Superficiales, Zapata

INTRODUCCIÓN

Bien sabemos que la fundación es la obra en contacto con la tierra, destinada a la transmisión de la carga muerta del edificio y el efecto dinámico de las cargas móviles que actúan sobre él, viento incluido. La carga hace que el suelo se deforme y se hunda, siendo exigencia primordial que los asientos de las distintas partes de una fundación sean compatibles con la resistencia general de la construcción.

Las fundaciones superficiales son necesarias en las pequeñas edificaciones, ya que sólo pueden transmitir al suelo cargas bajas y en las que por razones de orden económico limitan a porcentajes muy estrictos la incidencia del cemento sobre el costo total de la obra.

La información disponible sobre la temática, abarca las generalidades sobre sistemas de fundación superficial, sin que se especifique sobre los aspectos relacionados con la información geotécnica o con el diseño estructural. Atendiendo a esta exigencia, la investigación se orientó a la elaboración de un manual de estudio para el diseño de fundaciones superficiales de tipo zapata corrida que sirva como material de apoyo a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil. Para ello, se recopiló información teórica necesaria para el diseño de fundaciones superficiales de tipo zapata corrida.

Se desarrolló el diseño geotécnico de la zapata corrida, partiendo de la información teórica recopilada y de una información geotécnica dada.

Así mismo, se realizó el diseño estructural de la zapata corrida, partiendo del diseño geotécnico y en concordancia con las normas de diseño estructural vigentes en el país, para finalmente presentar el manual de estudio que sirva como material de apoyo a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil.

El manual se estructuró siguiendo una secuencia lógica en cuanto a los factores que se consideraron dentro del diseño geotécnico así como la necesaria validación a través de la información del diseño estructural. Se estima que este manual puede ser un instrumento

académico teórico y práctico, con un lenguaje adecuado a nivel de formación del estudiante.

La metodología bajo la cual se realizó la investigación, se enfocó en la modalidad de proyecto factible, siguiendo un diseño descriptivo-documental, basada en fuentes documentales. Para la recolección de la información se utilizaron fuentes bibliográfica-documental.

Este proyecto está estructurado en cinco capítulos. Capítulo I: El Problema, donde se habla del planteamiento del problema, formulación del problema, objetivos generales y específicos, justificación del problema y alcance. Capítulo II: Marco Teórico, que habla de los antecedentes, bases teóricas y definición de términos. Capítulo III: Marco Metodológico, donde se habla del diseño de investigación, nivel de investigación, técnicas e instrumentos de investigación fases metodológicas. Capítulo IV, se esbozan los recursos humanos, institucionales y materiales.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Las fundaciones, también conocidas como cimentaciones, son elementos estructurales que constituyen la base de una edificación, cuya función principal es transmitir la carga de la superestructura al suelo; estas, llegan a la cimentación mediante pilares o muros, lo cual depende de la estructura utilizada.

El comportamiento de cada fundación depende primordialmente de las propiedades del subsuelo que la soporta. Para obtener un comportamiento eficiente de toda la estructura, se debe elegir el sistema de fundación que mejor se adapte a las condiciones de carga del proyecto, así como del terreno de fundación.

Dentro de los métodos de fundación más comunes que se aplican en la construcción, se tienen los sistemas de fundación superficial, los cuales se caracterizan por transmitir en forma directa las cargas provenientes de la superestructura al terreno de fundación. Dentro de este tipo de sistemas existen cuatro métodos, la elección del más apropiado está asociada con diversos factores, tales como los resultados obtenidos del estudio geotécnico, la factibilidad constructiva, las cargas provenientes de la superestructura, las condiciones de soporte del suelo de fundación, así como el factor económico.

Para el diseño de las fundaciones superficiales, es necesario conocer cada detalle del proyecto, partiendo desde la recopilación geotécnica básica del sitio hasta el diseño estructural de la fundación. Para ello, se divide el diseño de la fundación en dos etapas fundamentales como son el diseño geotécnico y el diseño estructural. El cumplimiento de cada etapa conlleva al sistema de fundación superficial más acertado para la estructura.

En el ámbito académico, existe una variedad de recursos bibliográficos para el diseño de una fundación superficial; sin embargo, no son suficientes, sólo desarrollan tres

de los cuatro tipos de diseño anteriormente mencionados; y en algunos casos, no toman en cuenta la información geotécnica del terreno. De igual manera, los recursos, entre ellos textos tanto documentales como electrónicos, especializados en el tema de fundaciones, por lo general, son complicados de entender para los estudiantes de pregrado si no poseen una buena base académica sobre el tema. También existe software de diseño que facilita este procedimiento; no obstante, es muy difícil encontrar un material que sirva de guía para la utilización de los mismos.

Actualmente en la Universidad José Antonio Páez, no se cuenta con un manual de estudio, que aporte apoyo técnico en el diseño de fundaciones superficiales, específicamente del tipo zapata corrida, que además este dirigido principalmente a estudiantes que cursen la materia Fundaciones y Muros. Por tanto, la presente investigación estuvo orientada a proporcionar al estudiante una alternativa que le permita aprender el proceso de diseño de fundaciones superficiales mediante la elaboración de un manual teórico- práctico.

1.2 Formulación del problema

¿De qué herramientas disponen los estudiantes de la materia Fundaciones y Muros para desarrollar el diseño geotécnico y estructural de fundaciones corridas?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Elaborar un manual de estudio para el diseño de fundaciones corridas que sirva de material de apoyo para los estudiantes de Ingeniería Civil

1.3.2 Objetivos específicos

Recopilar información necesaria para el diseño de fundaciones superficiales de tipo zapata corrida que funcione como material de apoyo para los estudiantes de ingeniería civil.

Desarrollar el diseño geotécnico de las fundaciones mediante la información destacada.

Desarrollar el diseño estructural de la zapata corrida, tomando en cuenta las normas de diseño estructural vigentes en el país.

Presentar el manual de estudio para el diseño de fundaciones superficiales de tipo zapata corrida.

1.4 Justificación de la investigación

La siguiente investigación selecciono procedimientos de diseño de manera didáctica, lo cual ayudara a los estudiantes que deseen aplicar los conocimientos obtenidos en la asignatura de fundaciones.

El diseño de una fundación es de mucha importancia, ya que esta soporta las cargas provenientes de las superestructuras, para así evitar deformaciones excesivas.

Por ello presentamos este manual, ya que aporta conocimientos que podrán ser utilizados como apoyo por los profesionales de la materia, debido a nos muestra un procedimiento para la construcciones de fundaciones superficiales de zapata tipo corrida.

1.5 Alcance

En la siguiente investigación se desarrolló el diseño geotécnico y estructural de zapatas corridas partiendo de toda la información teórica recogida y de una información geotécnica suministrada específicamente para cada ejemplo de diseño.

Se enfocó el trabajo de investigación en fundaciones superficiales de tipo zapatas corridas

Este proyecto dirigido a ser utilizado como manual de estudio para estudiantes de pregrado y apoyo para docentes de la materia.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

En este capítulo se desarrollan los principales fundamentos teóricos de esta investigación para que se tenga un mejor entendimiento de la misma.

2.1 Antecedentes.

En esta sección se citarán algunos trabajos relacionados con el tema a desarrollar, como respaldo de esta investigación.

Según Crespo Villaláz, (2001), que expone en su trabajo de investigación **“Problemas resueltos de Mecánica de Suelos y de cimentaciones”** en la Universidad de Mexico. Este manual tuvo como principal objetivo presentar problemas típicos de la mecánica de suelos y de las cimentaciones para que sirvan de modelo al lector, sin pretender abarcar todos y cada uno de los temas de esta amplia y evolutiva rama de la Ingeniería Civil. Es útil para el presente proyecto ya que se basa en problemas de cimentaciones.

Según González de Vallejo, Luis (2002), presenta un manual titulado **“Ingeniería Geológica”**, en la Universidad Complutense de Madrid, España.. Este texto es de utilidad tanto para los estudiantes de ingeniería geológica y geotecnia, como para los profesionales de estas disciplinas. Aporta a esta investigación debido a que desarrolla con detalle los conceptos fundamentales necesarios para la resolución de los problemas más frecuentes, presentándose de forma didáctica los métodos de análisis de mayor utilización en la práctica de la ingeniería geológica.

Así mismo, Garza Vásquez, Luis, (2003), desarrolló un trabajo de grado llamado **“Diseño de estructuras de cimentación”**, en la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Ayudando de la siguiente manera en este trabajo, ya que este estudio se propone una versión crítica de los conceptos convencionales del diseño de los elementos estructurales de la cimentación, tanto superficial como profunda, desde el punto de vista de la Mecánica de Suelos y el análisis de estructuras, con el objeto de

hacer más compatibles los modelos que ambas disciplinas manejan en sus respectivas áreas. Se basa, en parte, al estudio estructural de las cimentaciones superficiales, el cual nos sirve de antecedente para la presente investigación.

También, Ramírez Osío, Oscar, (2004) en su trabajo de grado titulado **“Información geotécnica básica para el diseño de fundaciones”** en la Universidad de Carabobo. Presenta una metodología para la investigación geotécnica, sirviendo de contribución y orientación para los estudiantes, ingenieros y arquitectos. Aportando al proyecto porque posee el fin de lograr mayor aprovechamiento de la información que debe contener un estudio geotécnico para diseñar adecuadamente las fundaciones.

Por último, Nij Patzán, Jéser Esaú De Jesús (2009), realizó un trabajo de grado titulado **“Guía práctica para el cálculo de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas”**, en la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el cual el informe reúne algunas de las principales ecuaciones y métodos para determinar la capacidad de carga o capacidad portante del suelo dependiendo del tipo de cimentación con la que se desee trabajar; ampliando el concepto de capacidad de carga del suelo y analizándolo por medio del modelo de Khristianovich, los tipos de falla que ocurren dependiendo de las condiciones del suelo y la cimentación para posteriormente presentar los ensayos por medio de los cuales la capacidad de carga puede ser obtenida. Este trabajo es de ayuda para la investigación realizada, debido a que muestra una guía práctica para el cálculo de capacidad de carga de cimentaciones superficiales, sirviendo de apoyo para el desarrollo del diseño geotécnico para cada tipo de fundación superficial.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Generalidades de Suelo de Fundación.

Según Fratelli, María (1993), los suelos son el producto del desgaste o desintegración de las rocas de la corteza terrestre, debido a los agentes atmosféricos y a los diferentes procesos físicos-químicos en la naturaleza.

Por suelo se entiende todo depósito de partículas minerales y orgánicas disgregadas, íntimamente asociadas entre sí, pertenecientes al manto rocoso de la

litósfera, las cuales presentan diferentes grados de cohesión y fuerzas intermoleculares que las mantienen vinculadas.

Por regla general, todo lo que se construye resulta soportado directa o indirectamente por el suelo de fundación. Independientemente del tamaño o función de una edificación, su forma o ubicación geográfica, debe apoyar sobre el terreno que la sustenta. Este debe resistir la totalidad de las cargas que le transmiten las columnas y muros a través de sus bases, tales como las cargas permanentes, sobrecargas móviles, el peso de los fluidos o materiales granulares almacenados, cargas de vientos, sismo, vibratorias, de impacto, entre otras; asegurando la estabilidad del conjunto y una correcta interacción suelo-fundaciones-superestructuras, así como el buen funcionamiento de las instalaciones y servicios auxiliares y complementarios.

2.2.2 Clasificación de los suelos.

González de Vallejo, Luis (2002), señala que para estudiar un material complejo como el suelo (con diferentes tamaños de partículas y composición química) es necesario seguir una metodología con definiciones y sistemas de evaluación de propiedades, de forma que se constituya un lenguaje fácilmente comprensible por los técnicos de diferentes especialidades y países. Así se han clasificado los suelos en cuatro grandes grupos en función de su granulometría (Normas D.I.N., A.S.T.M., A.E.N.O.R., etc.).

Gravas, con tamaño de grano entre unos 8-10 cm y 2 mm; se caracterizan porque los granos son observables directamente. No retienen el agua, por la inactividad de su superficie y los grandes huecos existentes entre partículas.

Arenas, con partículas comprendidas entre 2 y 0.060 mm, todavía son observables a simple vista. Cuando se mezclan con el agua no se forman agregados continuos, sino que se separan de ellas con facilidad.

Limos, con partículas comprendidas entre 0.060 y 0.002 mm (algunas normativas indican que este último valor debe ser 0.005 mm, pero no hay apenas consecuencias prácticas entre ambas distinciones). Retienen el agua mejor que los tamaños superiores. Si se forma una pasta agua-limo y se coloca sobre la mano, al golpear con la mano se ve como la mano se exhuda con facilidad.

Arcillas, formadas por partículas con tamaños inferiores a los limos (0.002 mm). Se trata ya de partículas tamaño gel y se necesita que haya habido transformaciones químicas para llegar a estos tamaños, están formadas principalmente, por minerales silicatados, constituidos por cadenas de elementos tetraédricos y octaédricos (el ion silicio se encuentra en el centro de cada una de éstas estructuras regulares), unidas por enlaces covalentes débiles, pudiendo entrar las moléculas de agua entre las cadenas produciendo, a veces, aumentos de volumen (recuperables cuando el agua se evapora). Todo ello hace que la capacidad de retención del agua sea muy grande (pequeños huecos con una gran superficie de absorción en las partículas y una estructura que permite retener el agua), por lo que son generalmente los materiales más problemáticos (tiempos muy elevados de consolidación o de expulsión de agua bajo esfuerzos).

Por su parte, Braja Das, (1999) afirma que los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril. Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje común para expresar en forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas. Actualmente, dos sistemas de clasificación que usan la distribución por tamaño de grano y plasticidad de los suelos son usados comúnmente por los ingenieros de suelos.

2.2.3 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

El Sistema Unificado clasifica los suelos en dos amplias categorías:

Suelos de grano grueso que son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo GS. G significa grava o suelo gravoso y S significa arena o suelo arenoso.

Los suelos de grano fino con 50% o más pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico, C para arcilla inorgánica u O para limos y arcillas orgánicos. El símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos.

Otros símbolos son también usados para la clasificación:

W: bien graduado

P: mal graduado

L: baja plasticidad (límite líquido menor que 50)

H: alta plasticidad (límite líquido mayor que 50).

2.2.4 Estudios Geotécnicos.

Según (Grupo Geotecnia, Universidad de Cantabria, 2006.), la geotecnia es la rama de la ingeniería que se ocupa del estudio de la interacción de las construcciones con el terreno. Se trata por tanto de una disciplina no solo de la Ingeniería Civil, sino también de otras actividades, como la Arquitectura y la Ingeniería Minera, que guardan relación directa con el terreno.

2.2.5 Información geotécnica necesaria para el diseño de fundaciones.

Según Ramírez Osío, (2004), para desarrollar acertadamente un proyecto estructural se debe lograr un conocimiento amplio de las propiedades de los suelos y su comportamiento ante las modificaciones que supone la aplicación de nuevas cargas.

El conocimiento de la información geotécnica básica es de vital importancia para la ejecución de cualquier proyecto de ingeniería civil; es necesario conocer ciertas propiedades del suelo que son determinadas mediante muestreo y pruebas de laboratorio:

Ángulo de fricción interno (

perpendicular a la fuerza aplicada, y las deformaciones longitudinales en dirección a la fuerza aplicada sobre el mismo.

Peso específico (γ) es la relación entre el peso de una sustancia y su volumen.

2.2.5.1 Diseño estructural de los elementos interactuantes con el suelo.

Una vez definido el perfil litográfico probable del subsuelo y estimado el valor de los parámetros físicos de los distintos suelos, el ingeniero geotécnico deberá establecer las diferentes alternativas de fundación. Sin embargo, para esto tiene que conocer, aunque sea de manera aproximada, la magnitud y distribución de las cargas, es decir, debe existir una transferencia precisa de información entre el ingeniero estructural y el ingeniero de suelos.

2.2.6 Sistemas de fundación

Según Febres (1992), la ingeniería de fundaciones puede ser definida como el arte de seleccionar, diseñar, y construir los miembros estructurales que transmiten la carga de la superestructura al suelo. El comportamiento de cada fundación depende primordialmente de las propiedades del subsuelo que la soporta.

El ingeniero de fundaciones debe asegurar que estas cumplan a cabalidad con las consideraciones de seguridad, confiabilidad, funcionalidad, y economía.

Específicamente, debe proporcionarse una adecuada profundidad de fundación, se debe mantener los asentamientos dentro de límites tolerables y se debe proporcionar un factor de seguridad adecuada contra una falla estructural de la fundación o del suelo que la soporta.

Desde el punto de vista de la ingeniería, la diferencia fundamental entre los dos tipos de fundación radica en que para las primeras se desprecia el efecto de la resistencia al corte del suelo situado por encima de la cota de fundación en la capacidad del mismo para soportar cargas, pues este efecto es relativamente pequeño. Para las fundaciones profundas no se puede despreciar dicho efecto, dado que éste puede ser el factor primordial en la obtención de capacidad de carga de las mismas.

2.2.7 Tipos de fundaciones:

Terzaghi (1943) clasificó las fundaciones en superficiales y profundas, de acuerdo con la profundidad relativa de la cota de fundación D_f .

a. Superficiales: Son aquellas en que la relación profundidad/ancho mínimo es menor o igual a la unidad ($D_f / B \leq 1$).

Según Fratelli (1993), las fundaciones superficiales son las que se apoyan en toda el área de la base sobre el terreno, en un estrato no mayor a 5 metros de profundidad, medido desde la cota superior del predio a construir, y en donde el suelo ofrezca la suficiente capacidad portante para soportar las cargas impuesta por la superestructura, con moderados asentamientos.

Según Febres (1992), señala que las zapatas aisladas, combinadas, continuas y las losas de fundación son los tipos más comunes de fundaciones superficiales. Generalmente se usan estos tipos de fundación cuando las capas más superficiales del subsuelo tienen una adecuada capacidad de carga y una baja compresibilidad.

b. Zapatas aisladas son las más sencillas y económicas de todas las fundaciones y sirven para soportar columnas individuales. Sus dimensiones en planta son generalmente iguales (zapatas cuadradas) o casi iguales (rectangulares).

c. Zapatas combinadas: Son aquellas que pueden soportar dos o más columnas ubicadas en un eje de una edificación. Generalmente se usan para resolver problemas de grandes excentricidades en columnas situadas muy cerca de un lindero.

d. Zapatas continuas: Son aquellas que sirven de fundación a paredes de carga o muros de contención de tierras y una de sus dimensiones en planta es muchas veces mayor que la otra, por lo que también se les conoce como fundaciones en tira. En diseño se les considera de longitud infinita y la carga que soportan se expresa por método de longitud.

e. Losa de fundación: Se usa para soportar todas las columnas de una edificación, por lo que sus dimensiones en planta son relativamente grandes. Una regla práctica muy difundida en la literatura de las fundaciones indica que si las fundaciones aisladas ocupan más del 50% del área en planta de la edificación, la utilización de una losa de fundación puede resultar más económica. Tanto la excavación como los trabajos de encofrado son relativamente sencillos de ejecutar para las losas de fundación.

Además de una mayor repartición de las cargas, las losas tienen la ventaja de disminuir los asentamientos diferenciales ya que sirven de puente sobre zonas más compresibles del subsuelo, redistribuyendo las cargas hacia las zonas más resistentes.

Profundas. Febres (1992), señala que las fundaciones profundas son aquellas en que la relación profundidad / ancho mínimo es mayor a la unidad ($D_f /$

Los tipos más comunes de fundaciones profundas son los pilotes y las pilas (pilotes de gran diámetro), que, esencialmente, se pueden definir como columnas enterradas en el suelo, generalmente no sometidas a pandeo y que sirven para transmitir las cargas a estratos profundos de mayor resistencia. La diferenciación primordial de los pilotes se hace de acuerdo con la manera como transmiten las cargas al subsuelo. Otra manera de clasificarlos es de acuerdo a la manera como el pilote es construido, así existen pilotes prefabricados (de madera, acero o concreto), los cuales son hincados utilizando un martillo o martinete de grandes dimensiones y los pilotes vaciados en sitio (pilas), exclusivamente de concreto y para los cuales hay que hacer una excavación previa, bien sea a mano, por rotación, por excavación con almeja, o mediante el hincado de un forro de protección.

2.2.8 Diseño Geotécnico de Fundaciones Superficiales:

Según Braja Das (1999), las cimentaciones superficiales deben tener dos características principales para comportarse satisfactoriamente:

La cimentación debe ser segura contra una falla por corte general del suelo que la soporta.

La cimentación no debe experimentar un desplazamiento excesivo; es decir, un asentamiento excesivo. (El término excesivo es relativo, porque el grado de asentamiento permisible en una estructura depende de varias consideraciones).

2.2.8.1 Capacidad de carga última:

Según Febres (1992), cuando una fundación aplica carga al subsuelo se producen asentamientos y, si la carga se incrementa lo suficiente, se forman en el suelo superficies de deslizamiento, a lo largo de las cuales se sobrepasa la resistencia al esfuerzo cortante, y finalmente se produce un colapso o falla por capacidad de carga.

Tipos de fallas por capacidad de carga última:

Los principales modos de falla por corte bajo fundaciones superficiales han sido descritos por la literatura como falla general por corte (Terzaghi, 1943), falla local por corte (Terzaghi, 1943; De Beer y Vesic, 1958) y falla por punzonado (De Beer y Vesic, 1958; Vesica, 1963).

Falla General por corte:

La falla general por corte se caracteriza por la existencia de un patrón de falla bien definido, que consiste en una cuña de suelo y dos superficies continuas de deslizamiento que se extienden desde cada lado de la zapata hasta la superficie del terreno, tal como se observa en la figura. La superficie del terreno adyacente a la zapata se levanta y, si la zapata no está rígidamente atada a la estructura, esta rotará y se inclinará. Bajo las condiciones de trabajo de la gran mayoría de zapatas, condición de esfuerzos controlados, la falla es violenta y catastrófica. Este tipo de falla generalmente ocurre en suelos incompresibles que tienen una definida resistencia al corte, tales como los suelos granulares densos y los cohesivos de consistencia dura a rígida (pre consolidados). También puede darse esta falla en arcillas normalmente consolidadas saturadas si la carga es aplicada tan rápidamente que prevalece condición no drenada (condición=0). (Ver figura 1).

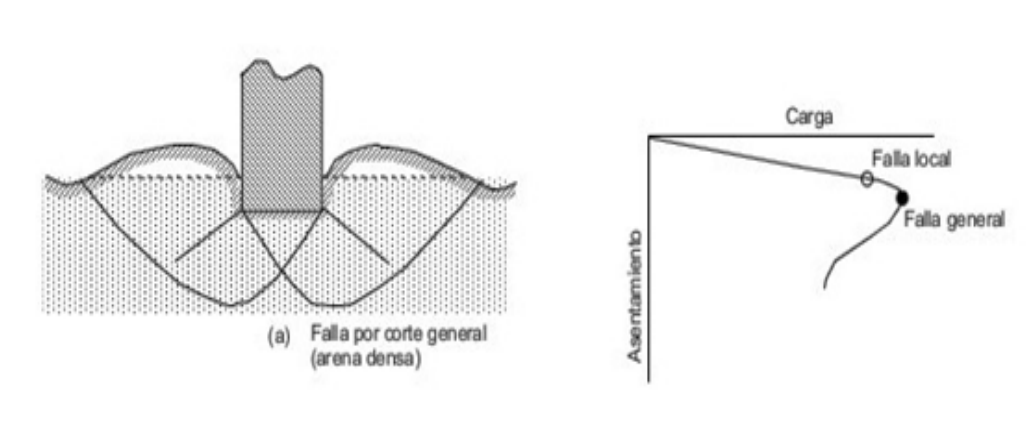


Figura 1: Falla General por corte.

Fuente: Edgar Febres, 1992

Falla local por corte:

El patrón de falla solo está bien definido de bajo de la zapata cuando se produce una falla local (ver figura 2). Dicho patrón consiste en la formación de una cuña y dos superficies de deslizamiento que comienzan a cada lado de la zapata, pero que, al contrario de la falla general por corte, terminan en algún sitio dentro de la masa de suelo. Hay una tendencia visible al levantamiento del terreno alrededor de la zapata y existe una compresión vertical del suelo bajo la misma. Solamente después de un gran desplazamiento vertical puede que aparezcan las superficies de falla en la superficie del terreno, sin embargo, no se producirá un colapso catastrófico de la zapata ni una rotación de la misma. La falla local por corte constituye un modo transicional entre la falla general y la falla por punzonado. **(Ver figura 2)**

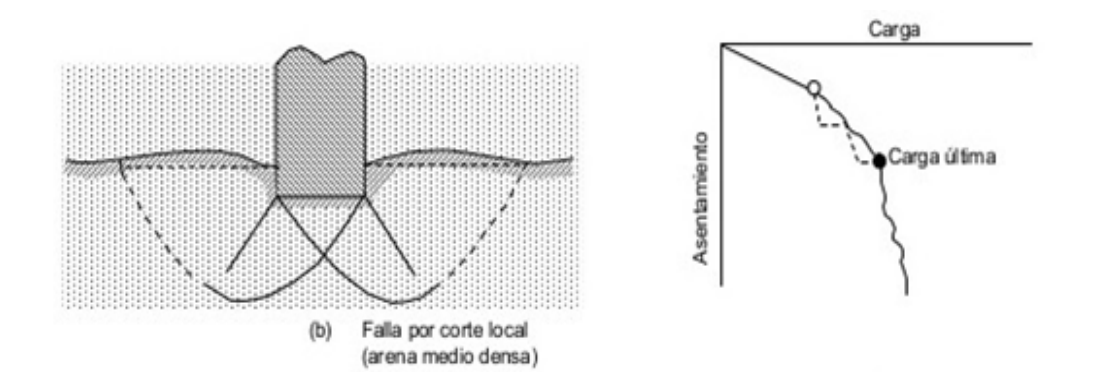


Figura 2: Falla local por corte.

Fuente: Edgar Febres, 1992

Falla por punzonado:

El patrón de falla en este caso no es fácil de observar, a medida que se incrementa la carga se comprime el suelo inmediatamente debajo de la zapata y se produce el desplazamiento vertical de la misma. La penetración continua de la zapata en el suelo se hace posible por el corte vertical alrededor del perímetro de la zapata. El suelo fuera del área cargada permanece relativamente inalterado y prácticamente no se produce movimiento del suelo alrededor de la zapata. La fundación se asienta mediante pequeños movimientos verticales repentinos, pero sin producir el colapso o la rotación de la zapata. Un incremento continuo de la carga es necesario para mantener la zapata en movimiento vertical. Este tipo de falla se produce en arenas muy sueltas o en suelos cohesivos

blandos o muy blandos, cuando la carga se aplica lentamente bajo condiciones drenadas. También puede ocurrir esta falla cuando la zapata está soportada por un estrato delgado de arena densa que supra yace a un suelo cohesivo blando y compresible. **(Ver figura 3.)**

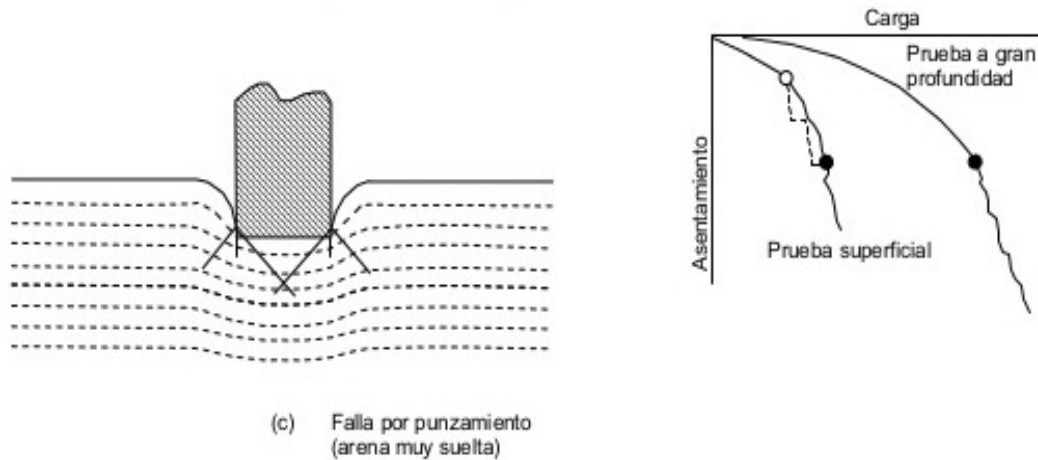


Figura 3: Falla por punzonado.

Fuente: Edgar Febres, 1992

Ecuación General de la capacidad de carga:

Según Febres (1992), existe una cantidad de variables y factores, tales como la forma y el tamaño de la fundación, la profundidad de la cota de fundación, la inclinación y excentricidad de las cargas, la compresibilidad del suelo, la posición del nivel freático, la rata de aplicación de la carga, la inclinación de la superficie del terreno, la inclinación de la fundación, la rugosidad de la base, la heterogeneidad de las condiciones del subsuelo, etc., que tiene su influencia en la capacidad de carga del subsuelo. Muchos de estos factores no fueron considerados, otros fueron considerados muy somera y empíricamente en la teoría de Terzaghi. Una solución analítica que toma en consideraciones las variables no ha sido desarrollada todavía y, debido a la extrema complejidad del problema, quizás nunca podrá ser obtenida.

Meyerhof (1948, 51,53, 55, 56, 61, 63, 65,74), Hansen (1961,70), De Beer (1965a,65b, 70), Vesic (1969,75), Caquot y Kérisel (1948,49,53,56) y Berezantzev (1952), entre otros, dedicaron gran cantidad de tiempo de investigación teórica y experimental al

problema de capacidad de carga, lo que ha resultado en modificaciones y mejoras a la ecuación básica de Terzaghi y que han producido la siguiente ecuación general de capacidad de carga.

Según Braja Das (1999)

$$qu = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad \text{Ec.1}$$

Dónde:

c = cohesión

q = esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación

= peso específico del suelo

B = ancho de la cimentación (= diámetro para una cimentación circular)

$F_{cs} F_{qs} F_{\gamma s}$ = factores de forma

$F_{cd} F_{qd} F_{\gamma d}$ = factores de profundidad

$F_{ci} F_{qi} F_{\gamma i}$ = factores por inclinación de la carga

$N_c N_q N_\gamma$ = factores de capacidad de carga.

Factores de la capacidad de carga:

Braja Das (1999), con base en estudios de laboratorio y campo sobre capacidad de carga, la naturaleza básica de la superficie de falla en suelos sugerida por Terzaghi parece ahora ser correcta (Vesic, 1973). Sin embargo, el ángulo ϕ es más cercano a

Si se acepta el cambio, a los valores $N_c N_q N_\gamma$ para un ángulo de fricción del suelo

= 45 + ϕ las

relaciones para N_c y N_q pueden obtenerse como:

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{x \tan \phi} \quad (\text{Ec.2})$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \quad (\text{Ec.3})$$

La ecuación para N_c fue originalmente obtenida por Prandtl (1921), y la relación para N_q fue presentada por Reissner (1924). Caquot y Kerisel (1953) y Vesic (1973) dieron la relación para N_γ como:

$$N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan\phi$$

La figura 4. Muestra la variación de los factores de capacidad de carga anteriores con los ángulos de fricción del suelo.

Figura 4: Factores de capacidad de carga para la teoría de Meyerhof

ϕ	N_c	N_c	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ	$\tan\phi$
0	5.14	1.00	0.00	26	22.25	11.85	12.54	0.49
1	5.38	1.09	0.07	27	23.94	13.20	14.47	0.51
2	5.63	1.20	0.15	28	25.80	14.72	16.72	0.53
3	5.90	1.31	0.24	29	27.86	16.44	19.34	0.55
4	6.19	1.43	0.34	30	30.14	18.40	22.40	0.58
5	6.49	1.57	0.45	31	32.67	20.63	25.99	0.60
6	6.81	1.72	0.57	32	35.49	23.18	30.22	0.62
7	7.16	1.88	0.71	33	38.65	26.09	35.19	0.65
8	7.53	2.06	0.86	34	42.16	29.44	41.06	0.67
9	7.92	2.25	1.03	35	46.12	33.30	48.03	0.70
10	8.35	2.47	1.22	36	50.59	37.75	56.31	0.73
11	8.80	2.71	1.44	37	55.63	42.92	66.19	0.75
12	9.28	2.97	1.69	38	61.35	48.93	78.03	0.78
13	9.81	3.26	1.97	39	67.87	55.96	92.25	0.81
14	10.37	3.59	2.29	40	75.31	64.20	109.41	0.84
15	10.98	3.94	2.65	41	83.86	73.90	130.22	0.87
16	11.63	4.34	3.06	42	93.71	85.38	155.55	0.90
17	12.34	4.77	3.53	43	105.11	99.02	186.54	0.93
18	13.10	5.26	4.07	44	118.37	115.31	224.64	0.97
19	13.94	5.80	4.68	45	133.88	134.88	271.76	1.00
20	14.83	6.40	5.39	46	173.64	158.51	330.35	1.04
21	15.82	7.07	6.20	47	173.64	187.21	403.67	1.07
22	16.88	7.82	7.13	48	199.26	222.31	496.01	1.11
23	18.05	8.66	8.20	49	229.93	265.51	613.16	1.15
24	19.32	9.60	9.44	50	266.89	319.07	762.89	1.19
25	20.72	10.66	10.88					

Fuente: Braja Das 2012

Factores de forma, profundidad e inclinación: Cuando el nivel freático esté en o cerca de la cimentación, los factores q y γ dados en la ecuación general de capacidad de carga, tendrán que modificarse. Para condiciones de carga no drenadas (concepto=0). en suelos arcillosos, la ecuación general de capacidad de carga de apoyo, toma la forma (carga vertical).

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} + q \quad \text{Ec.5}$$

Efecto de la compresibilidad del suelo:

El caso de falla general de corte, fueron modificadas ciertas ecuaciones para tomar en cuenta el cambio de modo de falla en el suelo (es decir, falla local por corte). El cambio se debe a la compresibilidad del suelo. Para tomar en cuenta la compresibilidad del suelo, Vesic (1973) propuso la siguiente modificación a la ecuación:

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{cc} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qc} + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma c} \quad \text{Ec.6}$$

Donde F_{cc}, F_{qc} y $F_{\gamma c}$ = Factores de compresibilidad del suelo.

Cimentaciones cargadas excéntricamente:

En varias situaciones, como en la base de un muro de retención, las cimentaciones son sometidas a momentos además de la carga vertical. En tales casos, la distribución de presión por la cimentación sobre el suelo no es uniforme. La distribución de la presión nominal es:

$$q_{max} = \frac{Q}{BL} + \frac{6M}{B^2 L}; \text{Ec.7} \quad \text{Y} \quad q_{min} = \frac{Q}{BL} - \frac{6M}{B^2 L}; \quad \text{Ec.8}$$

Donde Q = carga vertical total

M =momento sobre la cimentación. La figura 5 muestra un sistema de fuerza equivalente. La distancia e, es la excentricidad, o

$$e = \frac{M}{Q} \quad \text{Ec.9}$$

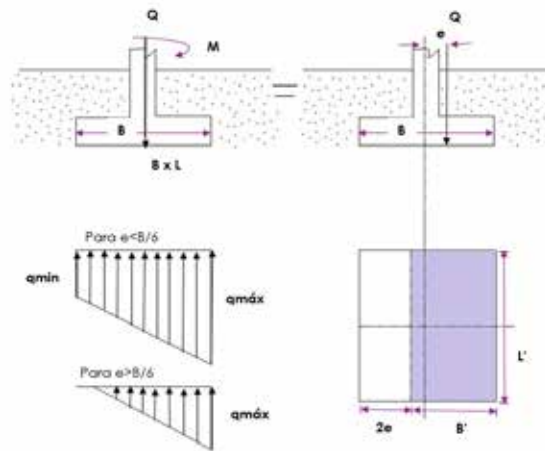


Figura 5. Cimentaciones cargadas excéntricamente

Fuente: Braja Das, 1999.

Sustituyendo:

$$q_{max} = \frac{Q}{BL} \left(1 + \frac{6e}{B} \right); \text{ (Ec.10)} \quad Y \quad q_{min} = \frac{Q}{BL} \left(1 - \frac{6e}{B} \right); \text{ (Ec.11)}$$

Note que en esas ecuaciones, cuando la excentricidad, e , toma el valor $B/6$ es cero. Para $e > B/6$, q_{min} será negativa, lo que significa que se desarrollará una tensión. Como el suelo no puede tomar tensiones, habrá una separación entre la cimentación y el suelo debajo de ella. El valor de q_{max} es entonces;

$$q_{max} = \frac{4Q}{3L(B-2e)}; \text{ (Ec.12)}$$

La distribución exacta de la presión es difícil de estimar.

El factor de seguridad para tales tipos de carga contra la falla por capacidad de carga se evalúa usando el procedimiento sugerido por Meyerhof (1953), denominado como el método del área efectiva. El siguiente es el proceso paso a paso de Meyerhof para la determinación de la carga última que el suelo puede soportar y el factor de seguridad contra falla por capacidad de carga.

Determine las dimensiones efectivas de la cimentación como:

$$B' = \text{ancho efectivo} = B - 2e$$

$$L' = \text{largo efectivo} = L$$

Note que, si la excentricidad es en dirección del largo de la cimentación, el valor de L' será igual a $L - 2e$. El valor de B' es entonces igual a B . La menor de las dos dimensiones (es decir, L' y B') es el ancho efectivo de la cimentación.

1) Use la ecuación para la capacidad de carga última:

$$q'_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma B' N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}; \text{ (Ec.13)}$$

La carga última total que la cimentación puede soportar es

$$Q_{ult} = \frac{A'}{q'_u(B')(L')}; \text{ (Ec.14)}$$

Donde A' = área efectiva.

2) El factor de seguridad contra la falla por capacidad de apoyo es:

$$FS = \frac{Q_{ult}}{Q}; \text{ (Ec.15)}$$

3) Verifique el factor de seguridad respecto a q_{max} , o, $FS = \frac{q'_u}{q_{max}}$.

Note que la excentricidad tiende a disminuir la capacidad de carga de soporte sobre una cimentación. En tales casos, situar las columnas de la cimentación fuera del centro, como muestra la figura 5, probablemente es conveniente. En efecto, así se genera una cimentación cargada centralmente con presión uniformemente distribuida.

Cimentaciones con excentricidad en dos direcciones:

Considere una situación en la cual una cimentación es sometida a carga vertical última Q_{ult} y a un momento como muestra la figura 6. Para este caso, las componentes del respecto a los ejes “ ” y “ ” se determinan como M_x y M_y , respectivamente (Ver figura 6). Esta condición es equivalente a una carga Q_{ult} colocada excéntricamente sobre la cimentación con $x = e_B$ y $y = e_L$ (Ver figura 7). Note que:

$$e_B = \frac{M_y}{Q_{ult}} \text{ (Ec.16); } e_L = \frac{M_x}{Q_{ult}}; \text{ (Ec.17)}$$

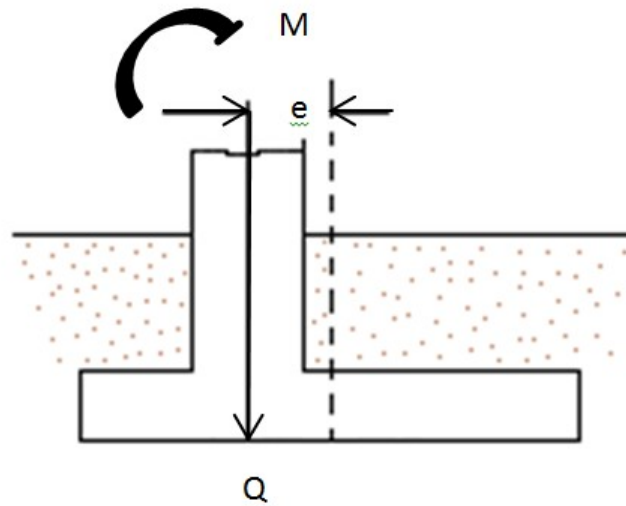


Figura 6. Cimentación de columnas con carga excéntrica.

Fuente: Braja Das (1999)

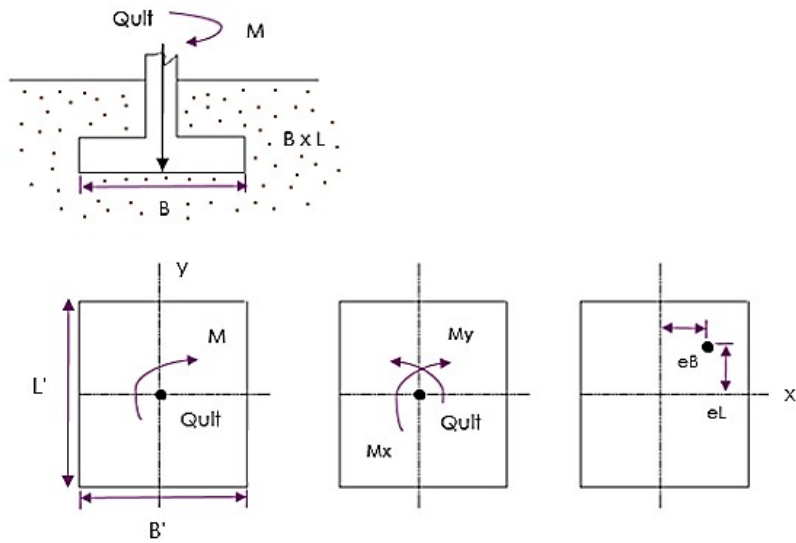


Figura 7. Análisis de una cimentación con excentricidad en dos direcciones

Fuente: Braja Das, 2012

Si se requiere Q_{ult} , esta puede obtenerse como sigue:

$$Q_{ult} = q'_u A'$$

Donde la ecuación:

$$q'_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

A' = área efectiva = $B'L'$

Al determinar el área efectiva (A'), el ancho efectivo (B') y el largo efectivo (L'), pueden presentarse cuatro casos posibles (Highter y Anders, 1985).

Caso I:

$\frac{e_L}{L} \geq \frac{1}{6} \geq \frac{e_B}{B} \geq \frac{1}{6}$ El área efectiva para esta condición se muestra en la figura 7. (Ver figura 7).

$$A' = \frac{1}{2} B_1 L_1 \text{ (Ec.19)}$$

Dónde: $B_1 = B(1.5 - \frac{3e_B}{B})$ $L_1 = L(1.5 - \frac{3e_L}{L})$ (Ec.20)

El largo efectivo L' es la mayor de las dos dimensiones, es decir, B_1 o L_1 , entonces el ancho efectivo es:

$$B' = \frac{A'}{L'} \text{ (Ec.21)}$$

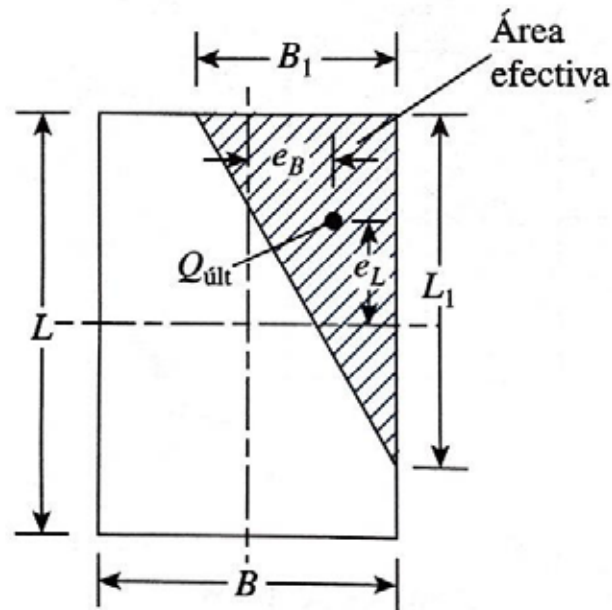


Figura 8. Área efectiva para el caso: $\frac{e_L}{L} \geq \frac{1}{6} \geq \frac{e_B}{B} \geq \frac{1}{6}$

Fuente: Braja Das, 2012

Caso II:

$\frac{e_L}{L} < 0.5$ y $\frac{e_B}{B} < \frac{1}{6}$ El area efectiva para este caso se muestra en la figura 9(a).

$$A' = \frac{1}{2}(L_1 + L_2) \text{ (Ec.22)}$$

Las magnitudes de L_1 y L_2 pueden determinarse de la figura 9(b) el ancho efectivo es:

$$B' = \frac{A'}{L_1 \text{ o } L_2 \text{ (el que sea mayor)}} \text{ (Ec.23)}$$

El largo efectivo es:

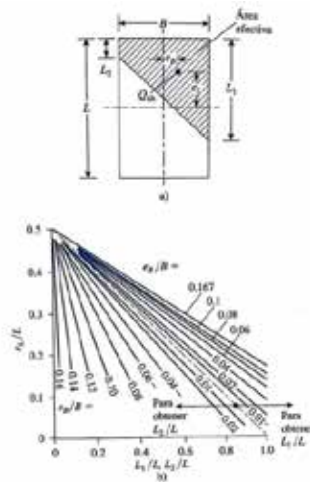


Figura 9. Área efectiva para el caso: $\frac{e_L}{L} \geq 0.5$ y $\frac{e_B}{B} \geq \frac{1}{6}$

Fuente: Braja Das, 2012

Caso III:

$\frac{e_L}{L} < \frac{1}{6}$ y $\frac{e_B}{B} < 0.5$. El area efectiva para este caso se muestra en la figura 10(a).

$$A' = \frac{1}{2}(B_1 + B_2)L \text{ (Ec.24)}$$

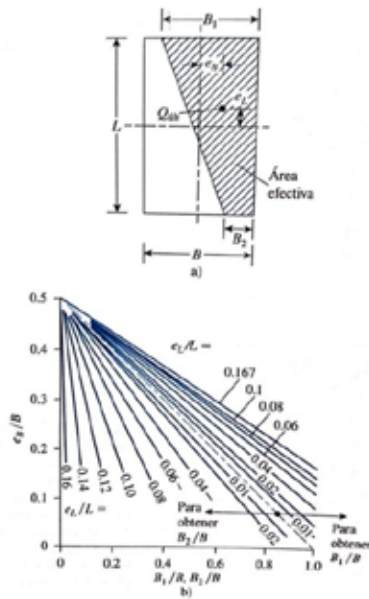


Figura 10. Área efectiva para el caso: $\frac{e_1}{L} < \frac{1}{6}$ y $\frac{e_2}{B} < 0.5$.

Fuente: Braja Das, 2012

Caso IV:

$\frac{e_1}{L} < \frac{1}{6}$ y $\frac{e_2}{B} < \frac{1}{6}$ La figura 11 muestra el área efectiva para este caso, la razón B_2/B_1 , y por tanto B_2 pueden determinarse usando las curvas $\frac{e_1}{L}$ que se inclinan hacia arriba. Similarmente, la razón L_2/L , y por tanto L_2 se determinan usando las curvas $\frac{e_2}{B}$ que se inclinan hacia abajo, el área efectiva es entonces:

$$A' = L_2 B + \frac{1}{2} (B + B_2) (L - L_2) \quad (\text{Ec. 25})$$

El ancho efectivo es: $B' = \frac{A'}{L}$

El largo efectivo es igual a $L' = L$

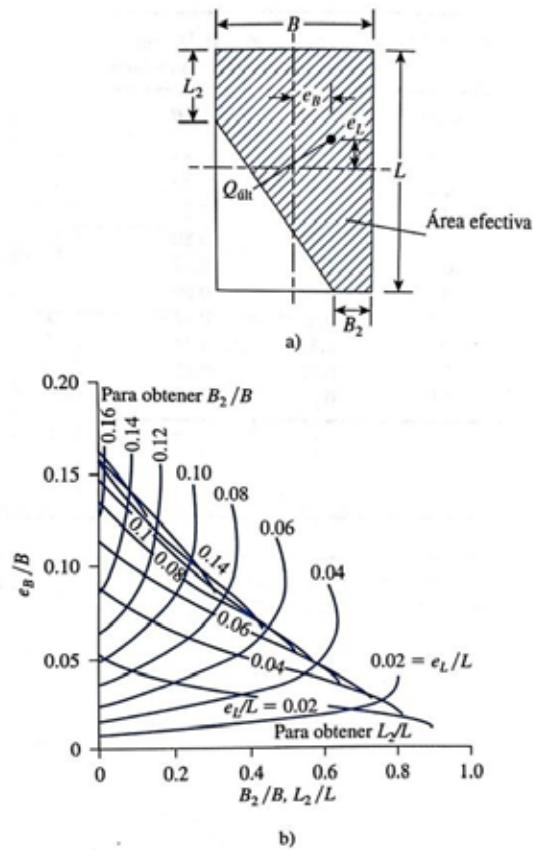


Figura 11. Área efectiva para el caso: $\frac{e_L}{L} < \frac{1}{6} \text{ y } \frac{e_B}{B} < \frac{1}{6}$

Fuente: Braja Das, 2012

2.2.8.2. Asentamiento.

El asentamiento elástico de una cimentación superficial se estima usando la teoría de la elasticidad (Ver figura 12). Con referencia a la figura (TAL) y aplicando la ley de Hooke,

$$S_e = \int_0^H \varepsilon_z dz = \frac{1}{E_s} \int_0^H (\Delta P_z - \mu_s \Delta P_x - \Delta P_y) dz \quad (\text{Ec.26})$$

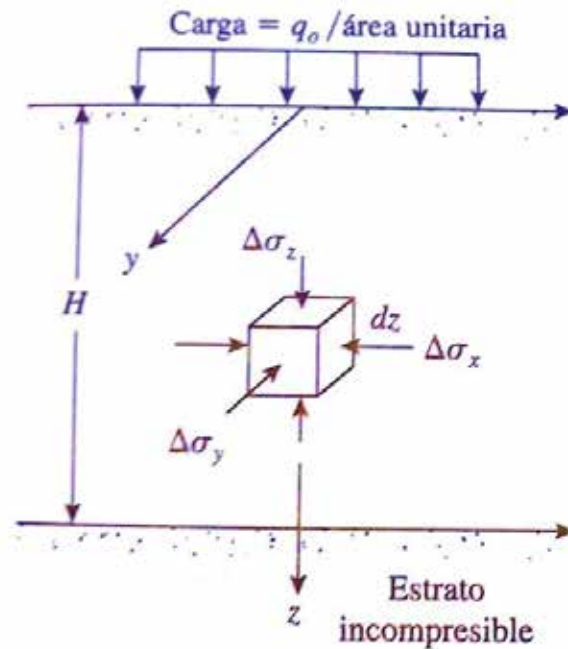


Figura 12. Asentamiento elástico de fundación superficial.

Fuente: Braja Das, 1999.

Donde S_e = asentamiento elástico

E_s = módulo de elasticidad del suelo

H = espesor del estrato del suelo

μ_s = relación de Poisson del suelo

$\Delta P_x, \Delta P_y, \Delta P_z$ = incremento del esfuerzo debido a la carga neta aplicada a la cimentación, en las direcciones "x, y, z", respectivamente.

Influencia semiempírico propuesto por Schertmann y Hartman (1978). De acuerdo con este método, el asentamiento es

$$S_e = C_1 C_2 (\bar{q} - q) \sum_0^z \frac{I_z}{E_s} \Delta z \quad (\text{Ec.27})$$

Donde I_z = factor de influencia de la deformación unitaria.

C_1 = Un factor de corrección para la profundidad del empotramiento de la cimentación = $1 - 0.5[(q/\bar{q} - q)]$.

C_2 = Un factor de corrección para tomar en cuenta el flujo plástico en el suelo = $1 + 0.2 \log(\text{tiempo en/1})$.

\bar{q} = un esfuerzo a nivel de cimentación.

$$q = \gamma D_f$$

Asentamiento por consolidación

Como se mencionó antes, el asentamiento por consolidación (**Ver figura 13**) se da a lo largo del tiempo, y ocurre en suelos arcillosos saturados cuando son sometidos a una carga creciente causada por la construcción de una cimentación. En base a las ecuaciones para el asentamiento unidimensional, podemos escribir

$$S_c = \int \varepsilon_z dz \quad (\text{Ec.28})$$

Dónde:

$$\varepsilon_z = \text{deformación unitaria vertical} = \frac{\Delta_e}{1+e_0}$$

$$\Delta_e = \text{cambio de relación de vacíos} = f(P_0, P_c, \Delta P)$$

Entonces

$$S_c = \frac{C_c H_c}{1+e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P_{prom}}{P_0} \quad (\text{Para arcillas normalmente consolidadas}) \quad (\text{Ec.29})$$

$$S_c = \frac{C_s H_s}{1+e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P_{prom}}{P_0} \quad (\text{Para arcillas pre consolidadas con } P_0 + \Delta P_{prom} < P_c) \quad (\text{Ec.30})$$

$$S_c = \frac{C_s H_c}{1+e_0} \log \frac{P_c}{P_0} +$$

$$\frac{C_c H_c}{1+e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P_{prom}}{P_c} \quad (\text{Para arcillas pre consolidadas con } P_0 < P_c < \Delta P_{prom}) \quad (\text{Ec.31})$$

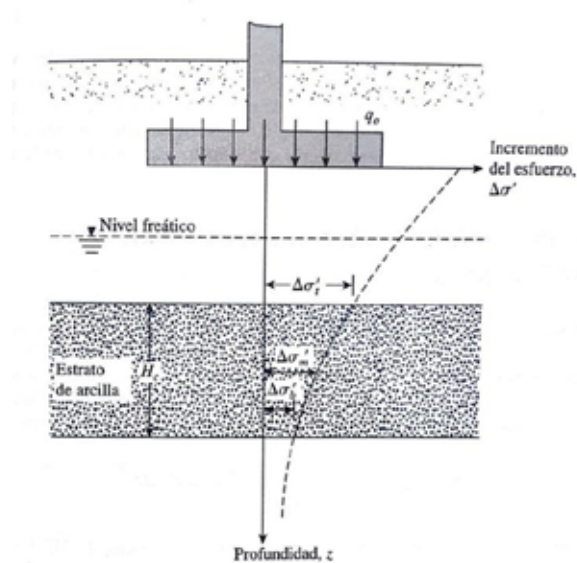


Figura. 13. Cálculo del asentamiento por consolidación.

Fuente: Braja Das, 1999

Donde

P_0 = presión efectiva promedio sobre el estrato de arcilla antes de la construcción de la cimentación.

ΔP_{prom} = Incremento promedio de la presión sobre el estrato de arcilla causada por la construcción de la cimentación

P_c = Presión de pre consolidación

e_0 = Relación de vacíos inicial del estrato de arcilla

c_c = Índice de compresión

c_r = Índice de re compresión

c_s = Índice de expansibilidad

H_c = Espesor de la capa de arcilla

2.2.9 Diseño estructural de fundaciones superficiales:

2.2.9.1. Diseño de Fundaciones corridas.

Cuando las zapatas aisladas en suelos compresibles ocupan arriba del 30% del área de la cimentación se puede usar zapatas corridas, o bien cuando se presentan cualquiera de los siguientes casos:

a) Cuando se tienen restricciones de lindero, si se utilizan zapatas aisladas, éstas estarían cargadas excéntricamente, **figura 13(a)** y el problema que puede surgir es que la presión de contacto sea mayor que la presión admisible del terreno, por lo que se recomienda una zapata combinada o corrida, figura **13(b)**.

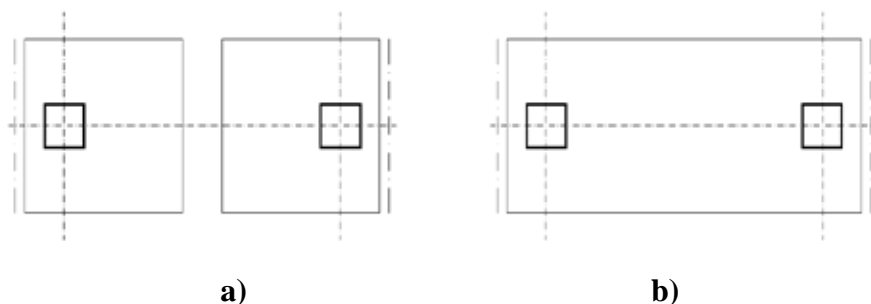


Figura 14. a) Zapatas aisladas b) Zapata corrida

Fuente: Braja Das, 1999.

b) Cuando las columnas están muy próximas una de otras o sea que las zapatas aisladas queden muy juntas, figura 14. (a) o pueden traslaparse, figura 14. (b)

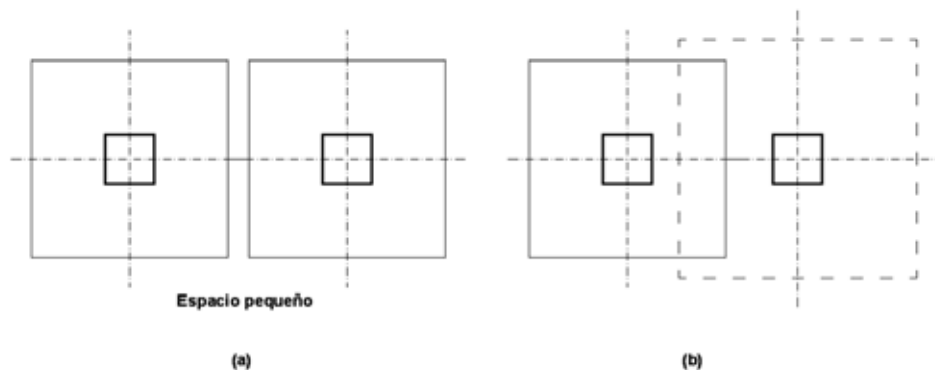


Figura 15. A.Zapatas aisladas. B.Zapatas traslapadas

Fuente: Braja Das, 1999.

c) Cuando los asentamientos permisibles no sean satisfechos, en este caso los asentamientos pueden ser reducidos por la rigidez que proporcionan las vigas (contratraveses) de la cimentación. (Ver figura 15).

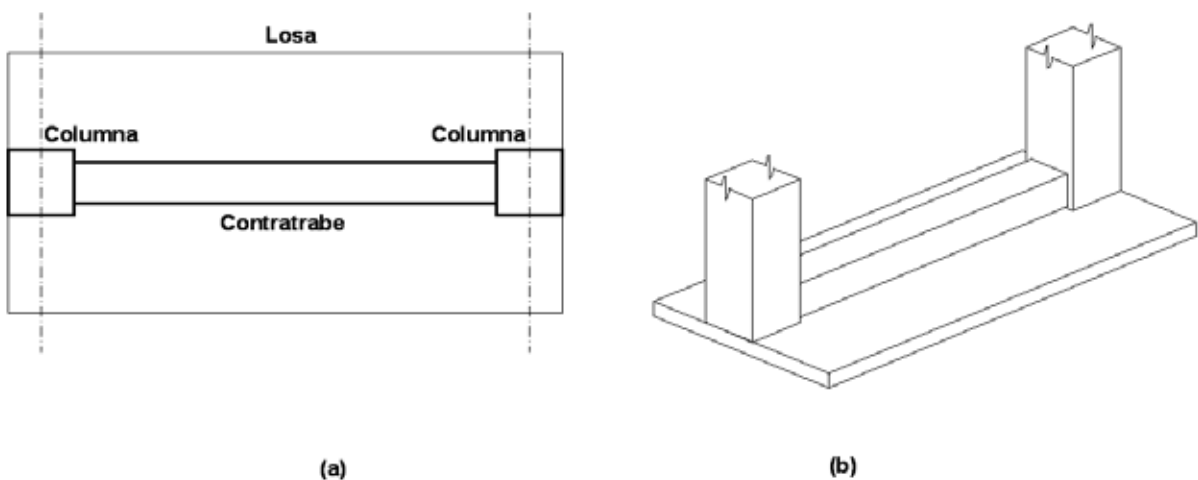


Figura 16. Isométrico de la zapata corrida

Fuente: Braja Das, 1999.

Es importante observar que para un análisis racional es conveniente estudiar este problema como vigas sobre medios elásticos, esto es adecuado cuando el módulo de cimentación unitario es prácticamente constante, en el capítulo 5 se trata este tema.

d) También en los casos que se presenten momentos flexionantes considerables a nivel de la cimentación. La profundidad para desplantar la cimentación dependerá de las características del suelo, magnitud de las cargas, cimentaciones colindantes.

Se propone una clasificación de éste tipo de zapatas como a continuación se indica:

- a) Zapatas corridas que soportan muros de tabique o de concreto.
- b) Zapatas corridas que soportan dos o más columnas sin contratrabe.
- c) Zapatas corridas que c) soportan dos o más columnas con contratraveses.

Se presenta un método aproximado para el análisis y diseño de zapatas corridas en el inciso 3.1, basado en las siguientes hipótesis.

1. Se supone la losa rígida.

2. Las presiones del terreno tienen una variación lineal.

2.2.9.2. Zapatas corridas para soportar muros.

1. Establecer las limitaciones de cálculo de acuerdo al reglamento que se use.
2. Dimensionamiento preliminar.
3. Determinar el paso de la resultante y el momento flexionante cuando exista excentricidad.
4. Revisar las presiones de contacto.
 - a) Se compara la presión admisible con la de contacto.
 - b) Se revisa que no existan esfuerzos de tensión.
5. Diseñar por flexión.
6. Revisar por cortante como viga ancha.
7. Se propone el armado.

2.2.9.3. Zapatas corridas sin contratraves para soportar dos o más columnas.

Estos tipos de zapatas pueden o no tener contratraves, como se ilustran en las figuras 13(b) y 15.

Cuando las fuerzas cortantes no son grandes y la losa es aproximadamente rígida, se puede proponer una losa sin contratraves. Para el análisis y diseño de este tipo de zapatas se recomienda la siguiente secuela:

1. Establecer limitaciones de acuerdo al reglamento que se utilice.
2. Determinar el paso de la resultante.
3. Dimensionar preliminarmente.
4. Calcular y revisar las presiones de contacto.
5. Analizar como viga.
6. Diseñar por flexión y revisar por cortante.
- 7.- Armado.

Si no se tiene el dimensionamiento preliminar, se sugiere tomar de un 10% a 20% del peso de las descargas para considerar el peso propio de la zapata.

2.2.9.4. Zapatas corridas con contratabe.

Las contratrabes se recomiendan cuando el peralte por flexión o por cortante resulta relativamente grande o bien como ya se mencionó, para darle mayor rigidez a la cimentación y con esto disminuir los asentamientos diferenciales.

Procedimiento:

1. Establecer limitaciones de acuerdo al reglamento que se use.
2. Determinar la posición de la resultante del sistema de cargas.
3. Dimensionamiento preliminar.
4. Calcular y revisar las presiones de contacto.
5. Diseñar por flexión y revisar por cortante de la losa como viga ancha.
6. Analizar la contratabe.

a).- Analizar la viga cargada con las presiones de contacto y apoyada en columnas. Cuando dicha viga sea continua se sugiere el método de distribución de momentos para su análisis ó usar un programa de computadora de análisis estructural de vigas.

b).- Analizar la viga sujeta a cargas P_v (cortantes desequilibrados), éstas cargas se obtienen de la diferencia de las reacciones obtenidas en el caso (a) que llamamos Q y las descargas a la cimentación P llevadas por las columnas (datos), para el análisis de estas vigas llamadas flotantes.

Finalmente se superponen los diagramas de momentos y cortantes de los casos (a) y (b), obteniendo así, los diagramas para diseño.

- 7.- Diseñar la Contratabe.
- 8.- Armado.
- 7.- Diseñar la Contratabe.
- 8.- Armado.

2.3. Definición de términos.

Ángulo de fricción interno (ϕ): es la resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre las superficies de contacto de las partículas y de su densidad.

Asentamiento: Es la deformación vertical en la superficie de un terreno proveniente de las cargas imprevistas, los cambios de destino de una edificación y, en general, todo factor que modifique el estado de cargas.

Capacidad de carga admisible: Es la capacidad del suelo para soportar una carga sin que se produzcan fallas dentro de su masa.

Capacidad de carga última: Es la capacidad que tiene el suelo de soportar la carga que le producirá una falla incipiente.

Cargas: son definidas como la acción directa de una fuerza concentrada o distribuida actuando sobre el elemento estructural y la cual produce estados tensionales sobre la estructura.

Fundación: conjunto de elementos estructurales de una edificación cuya misión es transmitir sus cargas o elementos apoyados en ella al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.

Fundación superficial: Son aquellas fundaciones donde las cargas de la estructura pasan directamente al terreno resistente situado inmediatamente debajo. Se utilizan cuando inmediatamente debajo de la estructura existe una capa de terreno resistente de suficiente espesor. En obras de ingeniería, para este espesor, se suele exigir una profundidad de 1.0 a 3.0 metros.

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

CAPÍTULO III

MARCO METODOLOGICO

Tomando en cuenta lo expresado por Hurtado (2012) se entiende por metodología:

“el estudio de los modos y maneras de llevar a cabo algo, es decir, el estudio de los métodos...la metodología incluye los métodos, las técnicas, las estrategias y los procedimientos que utilizará el investigador para lograr los objetivos de su estudio” (p.105).

Ahora bien, autores como Claret (2009) sostiene que el marco metodológico de la investigación: “recoge fundamentalmente los pasos a seguir desde que se inicia el estudio hasta su culminación, sobre las bases de la sistematización racional del fenómeno estudiado” (p.73).

Es por ello que, para este capítulo se tomaron en cuenta tantos los objetivos de la investigación como los diversos criterios metodológicos que ‘permitirán el desarrollo esta investigación. Así se tiene:

3.1 Tipo de Investigación

Hace referencia a la elección del tipo de investigación que determina los pasos a seguir en el objeto de estudio, así como también, las técnicas y métodos que pueden usarse para dar solución o alternativas para resolver un determinado problema. Según los objetivos planteados en este estudio, esta investigación será bajo la modalidad Proyecto Factible y documental. Se considera Proyecto Factible, porque según el Manual de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL) (2003), consiste: “en la investigación, elaboración y desarrollo de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos, necesidades de organizaciones o grupos sociales que pueden referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos”

También se considera documental porque se recopiló información necesaria para el diseño de fundaciones superficiales de tipo zapata que funcione como material de apoyo para los estudiantes de Ingeniería Civil. Es importante señalar que, una investigación

documental según Manual de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL) (2003), se define como:

“el estudio de problemas con propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza con el apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos. La originalidad del estudio se refleja en el enfoque, criterios, conceptualizaciones, reflexiones, conclusiones y recomendaciones” (p.6)

En lo que respecta a este estudio, se recopiló información basada en los siguientes aspectos: fundaciones superficiales de tipo zapata, desarrollo geotécnico de las fundaciones, desarrollar el diseño estructural de la zapata.

3.2 Diseño de Investigación

El diseño de investigación, tal como lo manifiesta Sabino (2002), constituye el plan general del investigador para obtener respuestas a sus interrogantes o comprobar la hipótesis de investigación. Para ello, desglosa las estrategias básicas que el investigador adopta para generar información exacta e interpretable. En cuanto al diseño de investigación de este estudio, la presente se enmarca en no experimental, que según Hernández, Fernández y Baptista (2004), el investigador observa los fenómenos tal y como ocurren naturalmente, sin intervenir en su desarrollo para después analizarlos y establecer los procedimientos a seguir.

También, se considera como un estudio transeccional o transversal, que Hurtado (2012), definen como aquel que recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único. Por lo tanto, este trabajo es transversal, ya que, los investigadores realizan el estudio, tomando en consideración las variables, dimensiones e indicadores establecidos en la Tabla de Operacionalización de Variables.

Para efectos de este estudio, se realizó mediante la revisión de las fuentes bibliográficas, hemerográficas y electrónicas que contengan la información del tema sometido a estudio.

3.3 Nivel de Investigación

Se refiere, según Arias citado por Palella y Martins (2012) “al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno” (p.92). En lo que respecta a este trabajo el nivel de investigación es descriptivo, ya que, el propósito de este nivel es el de “interpretar realidades de hecho. Incluye descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos” (Palella y Martins, 2012, p.92). Para efectos de este estudio, se aborda todo lo concerniente a las fundaciones superficiales de tipo zapata, diseño geotécnico y el diseño estructural de la zapata corrida.

3.4 Población y muestra

Son definidas por Hurtado (2012) como: “las entidades (personas, objetos, regiones, instituciones, documentos...) que poseen el evento de estudio” (p.148). En lo que respecta a esta investigación población y muestra estarán conformadas por los textos bibliográficos, hemerográficos y electrónicos que proporcionen información sobre las fundaciones superficiales de tipo zapata, diseño geotécnico y el diseño estructural de la zapata corrida, cuya información servirá de material de apoyo para la elaboración del manual de los estudiantes de Ingeniería Civil.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos son definidas por Bisquerra (2000): “como aquellos medios técnicos que se utiliza para registrar observaciones y facilitar el tratamiento de las mismas” (p.28), es decir que, comprenden procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener la información necesaria para dar respuestas a la pregunta de investigación.

En lo que respecta a este estudio se utilizarán las técnicas de observación documental, presentación resumida, resumen analítico y análisis crítico. Tal como lo sostiene Balestrini (2006):

En lo que respecta a esta investigación y tomando en cuenta lo establecido en los objetivos planteados en el estudio recopiló la información necesaria para el diseño de fundaciones superficiales de tipo zapata tomando en cuenta para ello el desarrollo geotécnico de las fundaciones, el diseño estructural de la zapata corrida, así como también, las normas del diseño estructural vigentes en el país. Cabe señalar que, toda esa información recopilada será la base para el material de apoyo de los estudiantes de Ingeniería Civil

3.6 Fases metodológicas

Este aspecto comprende los procedimientos metodológicos que se llevarán a cabo para dar cumplimiento a lo establecido en los objetivos planteados en la investigación.

Fase I: Recopilar información necesaria para el diseño de fundaciones superficiales corridas que funcione como material de apoyo para los estudiantes de Ingeniería Civil

Los investigadores realizarán un arqueo informativo en las fuentes bibliográficas, hemerográficas y electrónicas con el fin de localizar y seleccionar la información relevante del tema sometido a estudio: fundaciones superficiales corridas. Para ello considerarán aspectos como: terminología específica asociada con el suelo de fundación, clasificación, sistema unificado de clasificación de los suelos, diseño geotécnico de fundaciones

superficiales, capacidad de carga última, tipos de carga por capacidad de carga última, factores de la capacidad de carga, diseño estructural de fundaciones superficiales.

Fase II: Desarrollo geotécnico de las fundaciones mediante la información destacada

Se toma como base el procedimiento empleado en la Fase I. En esta fase se obtiene la capacidad de carga última del suelo y los distintos asentamientos que se pueden manifestar. Es importante señalar que, se usarán procedimientos como: pruebas de laboratorio para el logro del diseño geotécnico para fundaciones superficiales de tipo corrida.

Fase III: Desarrollar el diseño estructural de la zapata corrida tomando en cuentas las normas del diseño estructural vigentes en el país.

Una vez elaborado el diseño geotécnico del tipo de fundación sometido a estudio procede a realizar el diseño estructural de la zapata corrida, para ello hay que, determinar las cargas axiales y momentos flectores, luego verificar el espesor de la cimentación, definiendo la cantidad de acero de refuerzo que se debe colocar para posteriormente realizar el chequeo por corte, punzando y aplastamiento tomando como criterio la FONDONORMA 1753 – 2006 y ACI 318 - 14

Fase IV: Presentar el manual de estudios para el diseño de fundaciones superficiales de tipo zapata corrida

Una vez realizado las tres primeras fases los investigadores proceden a presentar el manual de estudios a los estudiantes de Ingeniería los cuales contarán con una herramienta didáctica que les permitirá tener una mejor comprensión del tema sometido a estudio.

CAPITULO IV

RESULTADOS

Los resultados se presentan tendiendo a las diferentes fases metodológicas descritas en la investigación.

Fase I: Recopilación de información teórica necesaria para el diseño de fundaciones superficiales de tipo zapata corrida.

El estudio de los textos, documentos técnicos, trabajos de grado, permitieron compilar una gran base de información que inicia de las definiciones más fáciles hasta los aspectos más específicos que se pertenecen al diseño de las fundaciones superficiales de tipo zapata corrida.

Se examinó cada uno de los aspectos teóricos en su contexto, teniendo como referencia las fórmulas y figuras correspondientes, que a su vez permitieron el desarrollo de cada una de las especificaciones para lograr un buen diseño de las zapatas corridas.

Fase II: Desarrollar el diseño geotécnico de la zapata corrida, partiendo de la información teórica recopilada y de una información geotécnica dada.

Para el diseño geotécnico de la fundación superficial del tipo zapata corrida, se partió de datos suministrados por ingenieros geotécnicos (cohesión del suelo, ángulo de fricción, peso específico) por medio de estudios de suelos. Posteriormente, a partir de las cargas provenientes del análisis de la superestructura se determinó el valor de momento por carga y en qué sentido de la fundación actúa; ya que puede actuar en una de las dos direcciones o en ambas.

Después se logró el pre dimensionado de la zapata, con lo cual se realizan todos los chequeos geotécnicos pertinentes; si alguno de éstos no cumple se modifica el pre dimensionado hasta que cumpla las condiciones estudiadas.

Para el cálculo de capacidad de carga última se aplicó la ecuación general de Meyerhof, utilizando factores de capacidad de carga, profundidad, forma e inclinación. Estos factores

pueden ser modificados por situaciones en particulares como presencia del nivel freático, zapatas cargadas excéntricamente.

Para después calcular el factor de seguridad contra la capacidad de carga. Por último, se procede al chequeo del asentamiento que dependerá del tipo de suelo, asentamiento inmediato para arenas bajo cualquier condición y arcillas secas; y por consolidación, arcillas bajo nivel freático.

Fase III: Desarrollar el diseño estructural de la zapata corrida, partiendo del diseño geotécnico y en concordancia con las normas de diseño estructural vigentes en el país.

El diseño estructural se hizo bajo las normativas vigentes del país COVENIN 1753-2006 "Proyecto y construcción de obras en concreto estructural" y ACI 318-14 " "; partiendo del previo chequeo del dimensionado de la zapata, cargas, datos del material y resistencia del suelo se pasa a realizar el diseño estructural y se realizan los distintos chequeos de falla como son, chequeos por flexión, corte, punzonado, y aplastamiento. También se verifica la longitud de transferencia proporcionada en la zapata de fundación y por último se diseña la viga de riostra.

Fase IV: Presentar el manual de estudio para el diseño de fundaciones superficiales de tipo zapata corrida que sirva como material de apoyo a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil.

Estructuración del anual.

El manual posee una introducción, consta de dos partes; la primera compete al diseño geotécnico mientras que la segunda compete al diseño estructural.

Debido a que el manual tiene que ser un elemento de apoyo importante para los estudiantes, resalta que la información está organizada, con una secuencia adecuada y ajustada a cada uno de los casos por las variaciones de los factores considerados en el diseño geotécnico de la fundación; este orden de la información ofrece ventaja al estudiante al momento de recurrir a los datos para un diseño específico.

El manual se presenta en los anexos, el cual puede ser extraído como un documento aislado para la utilización por parte de los estudiantes y de personas interesadas en la información presentada.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Teniendo en cuenta los objetivos del estudio que se ha realizado, además del análisis e interpretación de los datos extraídos de la revisión teórica realizada llegó a las conclusiones siguientes:

Se recaudó la información acerca de los distintos métodos de diseño geotécnico y diseño estructural para zapatas corridas, de los cuales se eligió para diseño geotécnico la teoría de Meyerhof, ya que es la ecuación más completa que incorpora factores de forma, inclinación, profundidad y de carga, permitiendo obtener un resultado más seguro de la capacidad de carga última del suelo; por otra parte para el diseño estructural se tomaron las normativas para diseño de concreto armado ACI 318-14 y FONDONORMA 1753-06 por ser estas las más actualizadas.

Para el desarrollo del diseño geotécnico se consideraron distintas condiciones tanto de suelo como de carga, y se evaluó el comportamiento de la fundación ante las mismas, estableciendo el criterio de diseño por resistencia o por rigidez que prevalecía en cada caso.

El diseño estructural se desarrolló de acuerdo a lo estipulado en las normas FONDONORMA 1753-06 y ACI 318-14, bajo condiciones de cargas de servicio, resistencia de materiales y parámetros geotécnicos impuestos para fines didácticos.

Para la realización del manual, se tomaron perfiles geotécnicos reales de distintos sitios para los cuales se diseñaron fundaciones de tipo zapatas corridas, presentando diferentes irregularidades tanto geotécnicas como estructurales, evaluando así el comportamiento tanto geotécnico como estructural en el perfil litológico q se escogió para cada caso. Se calcularon las fundaciones superficiales y se hicieron conclusiones acerca de los resultados obtenidos; presentándolo de una manera didáctica.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda la realización de un manual para el diseño geotécnico y estructural de otros tipos de fundación superficial como zapatas combinadas.

Se recomienda la realización de un manual para el diseño geotécnico y estructural de fundaciones profundas de tipo pilotes excavados y vaciados en sitio.

Se recomienda evaluar otros tipos de escenarios geotécnicos distintos a los presentes en este manual, con el fin de poder realizar diseños geotécnicos y estructurales de tipo zapata corrida bajo cualquier condición.

BIBLIOGRAFÍA

- Balestrini, M. (2006). **Cómo se elabora el proyecto de investigación**. Caracas: Consultores Asociados.
- Bisquerra, R (2000). **Métodos de Investigación Educativa**
- Claret, A. (2009). **Cómo hacer y defender una tesis**. 12ma,ed, ampliada. Caracas: Editorial Texto.
- Crespo Villalaz (2001). **Problemas resueltos de mecánica de los suelos y cimentaciones**.
- Fratelli, M (1993). **Suelos Fundaciones y Muros** (2da Edición)
- Febres, E (1993). **Fundaciones superficiales**.
- Garza Vázquez, Luis (2003). **Diseño de estructuras de cimentación**.
- González de Vallejo (2002). **Ingeniería Geológica**.
- Hurtado, J. (2012). **El proyecto de investigación. Comprensión holística de la metodología y la investigación**. 7ma. Ed. Caracas: Quirón Ediciones.
- Manual de Tesis de Grado y Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Libertador**. (2003). Caracas: UPEL.
- Nij Patzan Jeser Esau de Jesus (2009). **Guía práctica para el calcula de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, pilotes y pilas perforadas**.
- Parella, S. y Martins, F. (2012). **Metodología de la Investigación Cuantitativa**. FEDUPEL: Caracas.
- Ramírez Osio, Oscar (2004). **Información geotécnica básica para el diseño de fundaciones**.
- Sabino, C. (2002). **El proceso de la Investigación**. Caracas: Editorial Limusa.
- Sagaseta C y Cañizal J.(2007), **Geotécnica I: Propiedades del terreno**
- Terzaghi K, (1943). **Mecánica de los suelos**

ANEXOS



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PAEZ
Facultad: Ingeniería
Escuela: Civil

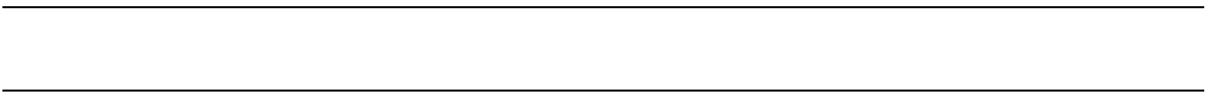
FUNDACIONES Y MUROS

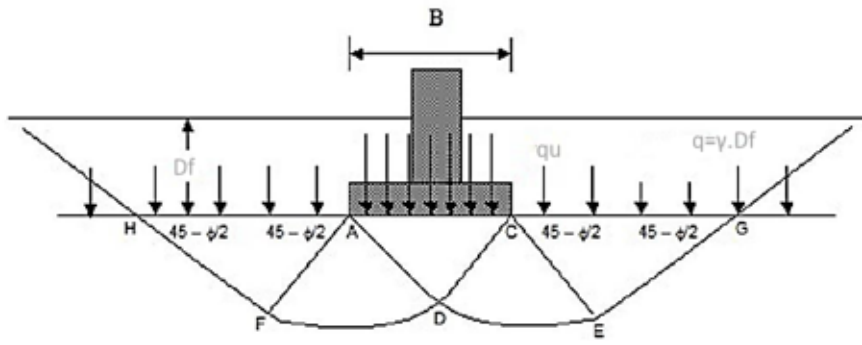
MANUAL PARA EL DISEÑO GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL DE FUNDACIONES SUPERFICIALES CORRIDAS

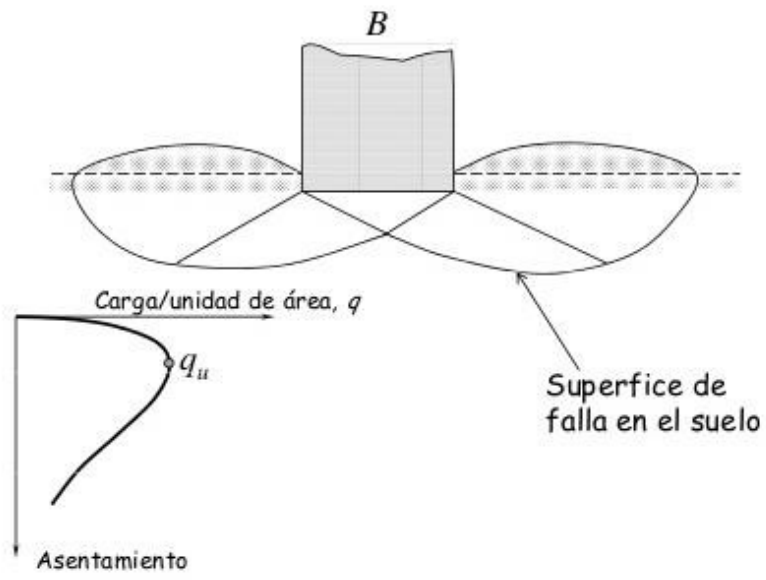
ELABORADO POR:
Andrés R. Ramírez
José R. Lugo

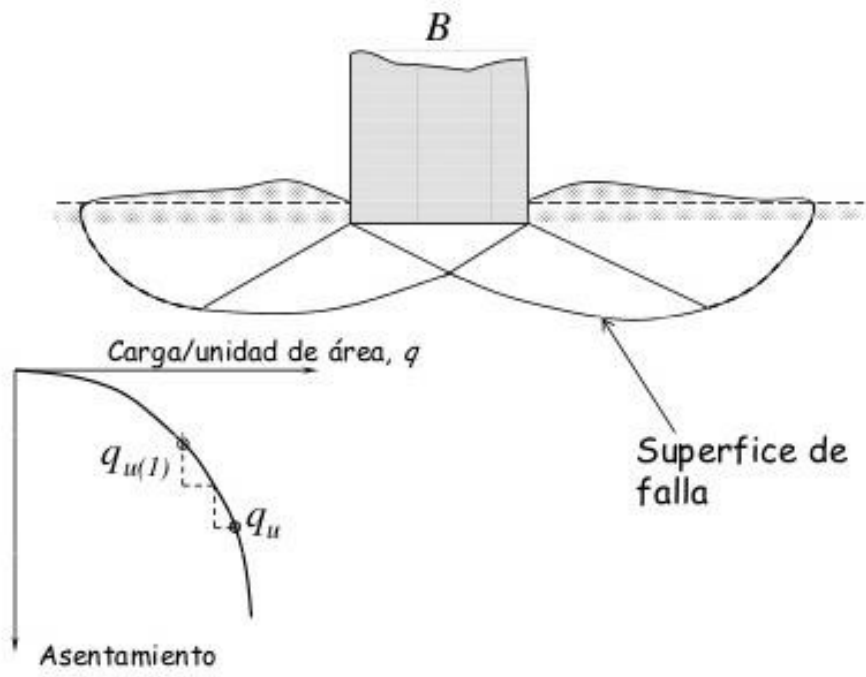
TUTOR:
Ing. Luis Rodríguez

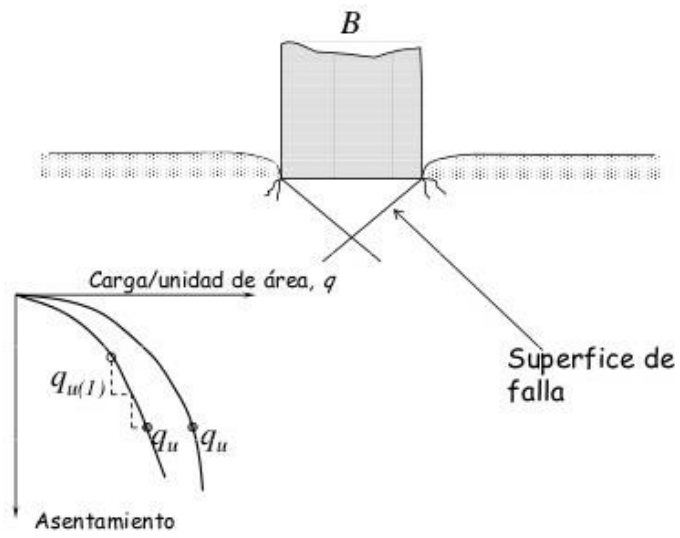
NOVIEMBRE 2017











$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$F_{cs} F_{qs} F_{\gamma s}$$

$$F_{cd} F_{qd} F_{\gamma d}$$

$$F_{ci} F_{qi} F_{\gamma i}$$

$N_c N_q N_y$

$$N_q = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) e^{x \tan \phi}$$

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

N_c

N_q

N_y

$$N_y = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

Factor	Relación	Referencia
Forma	$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right)\left(\frac{N_q}{N_c}\right)$ $F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan \phi'$ $F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L}\right)$	DeBeer (1970)
Profundidad	<p>si; $\frac{D_f}{B} \leq 1$</p> <p>Para $\phi = 0$:</p> $F_{cd} = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B}\right)$ $F_{qd} = 1$ $F_{\gamma d} = 1$ <p>Para $\phi' > 0$:</p> $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \text{sen } \phi')^2 \left(\frac{D_f}{B}\right)$ $F_{\gamma d} = 1$ <p>si; $\frac{D_f}{B} > 1$</p> <p>Para $\phi = 0$:</p> $F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{\tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)}{\text{radianes}}$ $F_{qd} = 1$ $F_{\gamma d} = 1$ <p>Para $\phi' > 0$:</p> $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \text{sen } \phi')^2 \frac{\tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)}{\text{radianes}}$ $F_{\gamma d} = 1$	Hansen (1970)
Inclinación	$F_{ci} = F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ}\right)^2$ $F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'}\right)$ <p>$\beta =$ inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical</p>	Meyerhof (1963); Hanna y Meyerhof (1981)

$$0 \leq D_1 \leq D_f$$

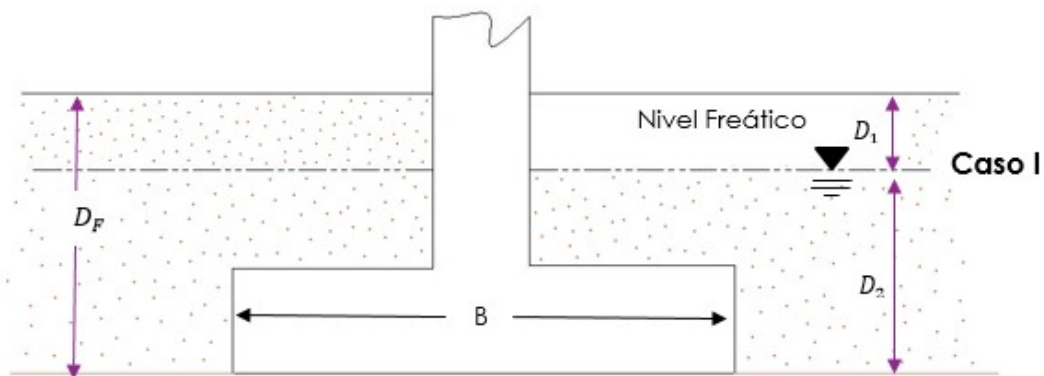
$$q = \text{sobrecarga efectiva} = D_1 \gamma + D_2 * (\gamma_{\text{sat}} + \gamma_w)$$

γ_{sat}

γ_w

$$\gamma' = (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w)$$

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + (D_1 \gamma + D_2 * (\gamma_{\text{sat}} + \gamma_w)) (F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i})$$



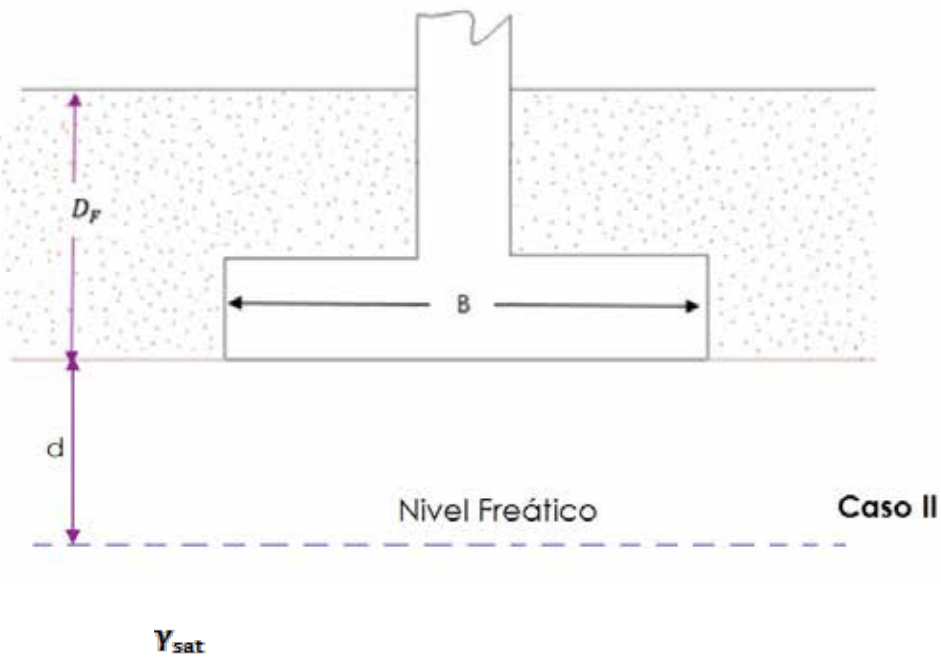
$$0 \leq D \leq B$$

$$q = \gamma D_f$$

$$\bar{\gamma} = \gamma' + \frac{d}{B}(\gamma - \gamma')$$

$$\gamma' = (\gamma_{sat} - \gamma_w)$$

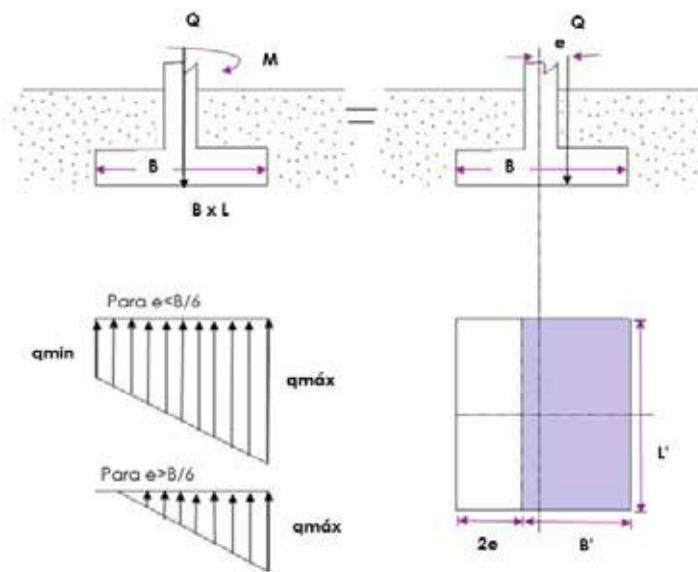
$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + (\gamma D_f) N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \left(\gamma' + \frac{d}{B}(\gamma - \gamma') \right) B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$



$$d \geq B$$

$$q_{\max} = \frac{Q}{BL} + \frac{6M}{B^2L}$$

$$q_{\min} = \frac{Q}{BL} - \frac{6M}{B^2L}$$



$$e = \frac{M}{Q}$$

$$q_{\max} = \frac{Q}{BL} \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

$$q_{\min} = \frac{Q}{BL} \left(1 - \frac{6e}{B}\right); \text{ (Ec. 11)}$$

e

q_{\min}

e

q_{\max}

$$q_{\max} = \frac{4Q}{3L(B-2e)}$$

$$\mathbf{q}'\mathbf{u} = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma B' N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$F_{cs} \quad F_{qs} \quad F_{\gamma s}$$

$$F_{cd} \quad F_{qd} \quad F_{\gamma d}$$

$$B \quad B'$$

$$Q_{ult} = A' q_u$$

$$FS = \frac{Q_{ult}}{Q}$$

Q_{ult}

M

M

$M_x \quad M_y$

$$Q_{ult}$$

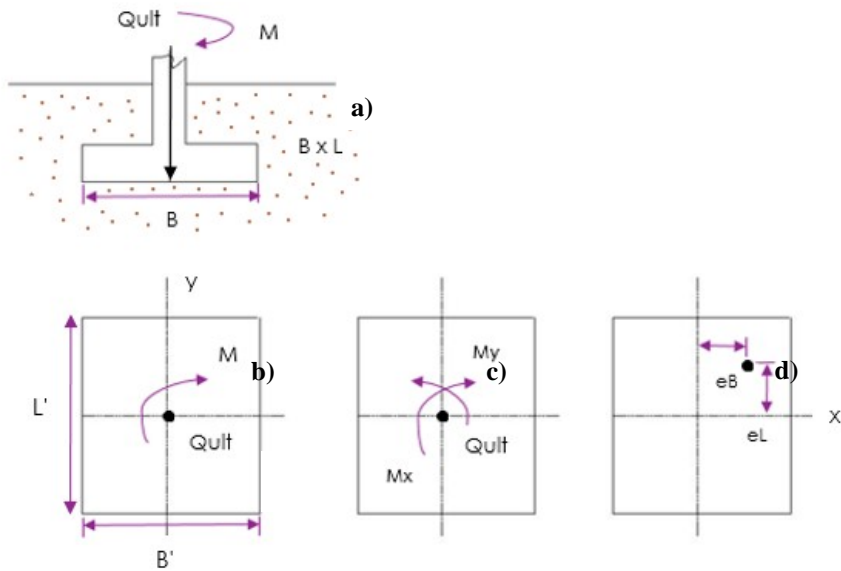
$$x = e_B \quad y = e_L$$

$$e_B = \frac{M_y}{Q_{ult}}$$

$$e_L = \frac{M_x}{Q_{ult}}$$

$$Q_{ult} = q'_u A'$$

$$q'_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$



$$F_{cs} \quad F_{qs} \quad F_{\gamma s}$$

$$F_{cd} \quad F_{qd} \quad F_{yd}$$

$$\frac{e_L}{L} \geq \frac{1}{6} \geq \frac{e_B}{B} \geq \frac{1}{6}$$

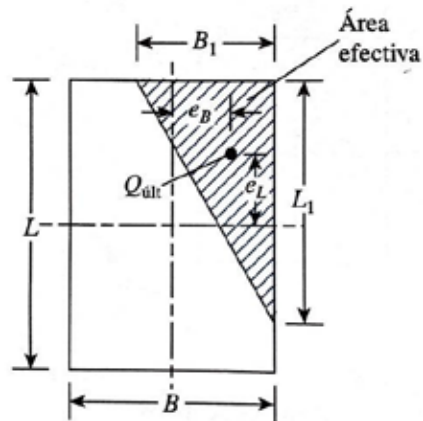
$$A' = \frac{1}{2} B_1 L_1$$

$$B_1 = B \left(1.5 - \frac{3e_B}{B} \right)$$

$$L_1 = L \left(1.5 - \frac{3e_L}{L} \right)$$

$$B_1 \quad L_1$$

$$B' = \frac{A'}{L'}$$



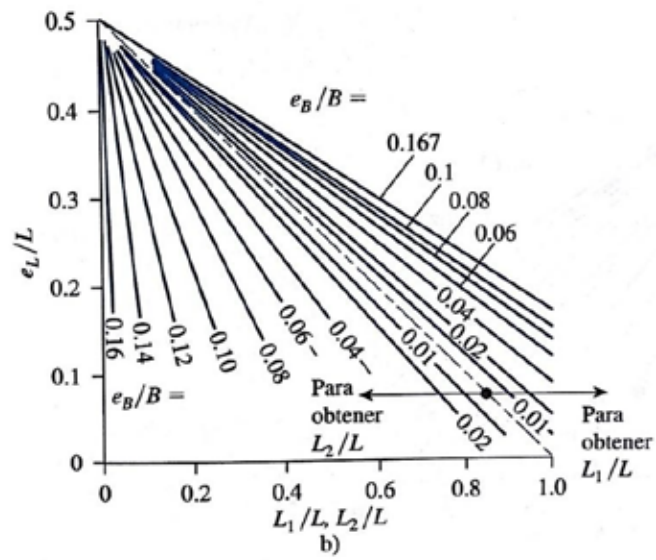
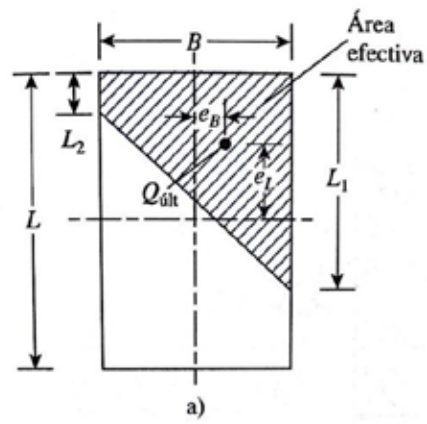
$$\frac{e_L}{L} < 0.5y < \frac{e_B}{B} < \frac{1}{6}$$

$$A' = \frac{1}{2}(L_1 + L_2)$$

L_1 y L_2

$$B' = \frac{A'}{L_1 \circ L_2 (\text{el que sea mayor})}$$

$$L' = L_1 \circ L_2 (\text{el que sea mayor})$$



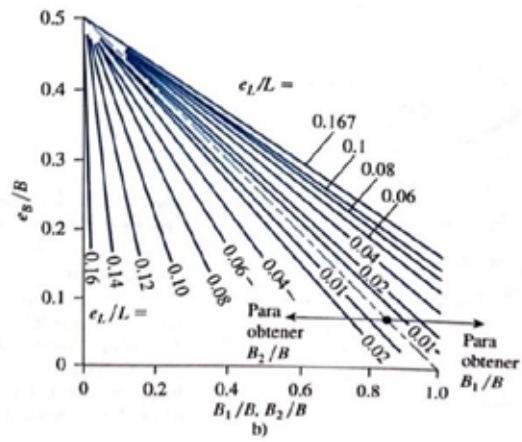
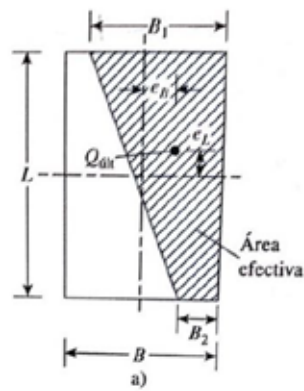
$$\frac{e_L}{L} < \frac{1}{6} y \frac{e_B}{B} < 0.5.$$

$$A' = \frac{1}{2} (B_1 + B_2) L$$

$$B' = \frac{A'}{L'}$$

$$L' = L$$

B_1 y B_2



$$\frac{e_1}{L} < \frac{1}{6} \text{ y } \frac{e_2}{B} < \frac{1}{6}$$

$$B_2/B_1$$

$$B_2$$

$$\frac{e_1}{L}$$

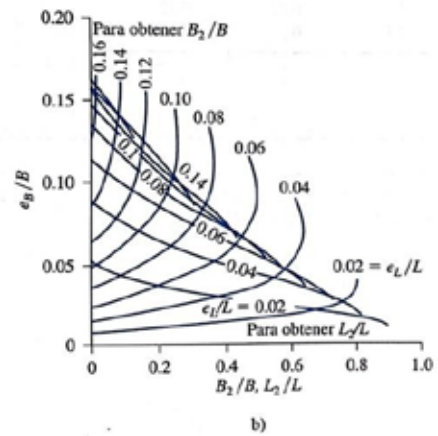
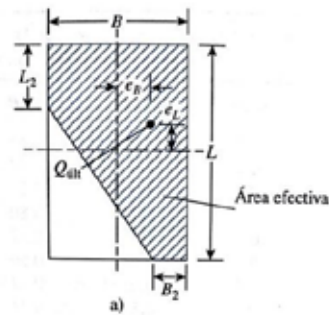
L_2/L L_2

$$\frac{e_B}{L}$$

$$A' = L_2 B + \frac{1}{2} (B + B_2) (L - L_2)$$

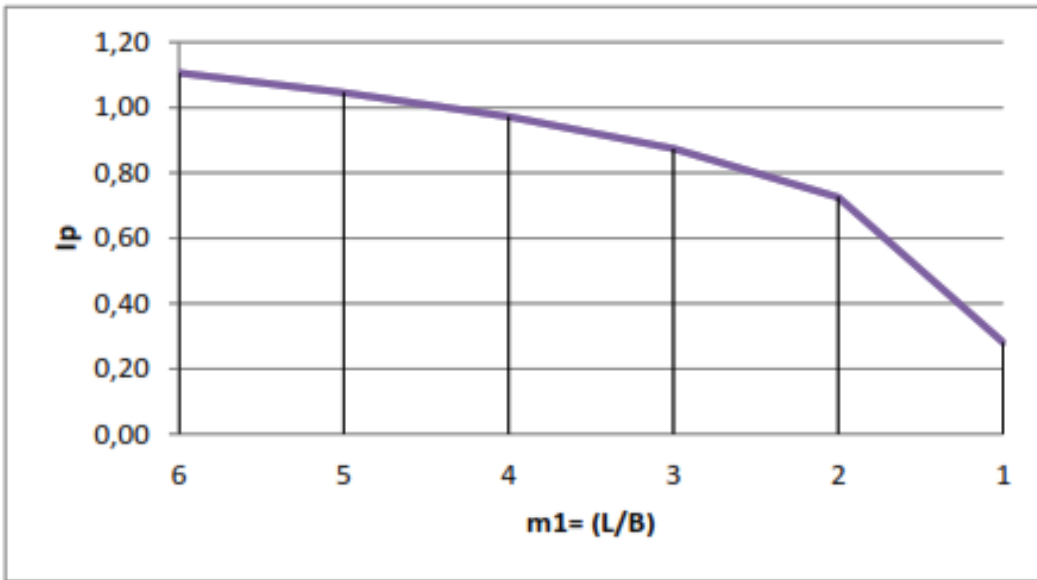
$$B' = \frac{A'}{L}$$

$$L' = L$$

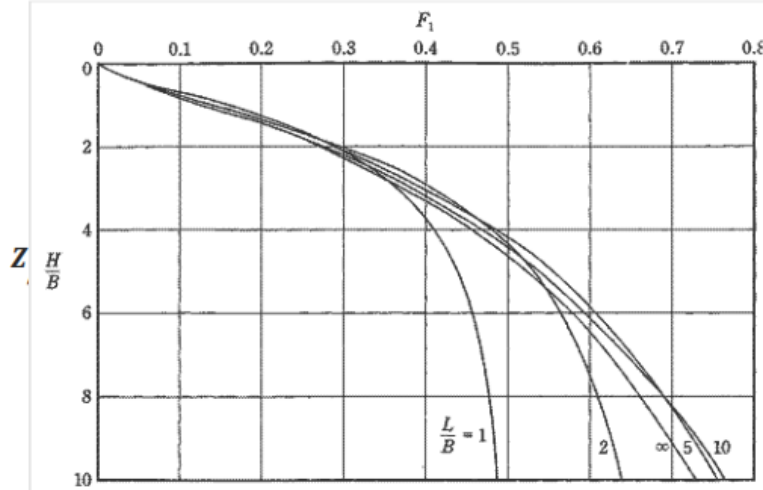


$$\rho_{\text{esquina}} = I_p \frac{B}{E} q (1 - \mu^2) \quad (\text{Ec.31})$$

I_p



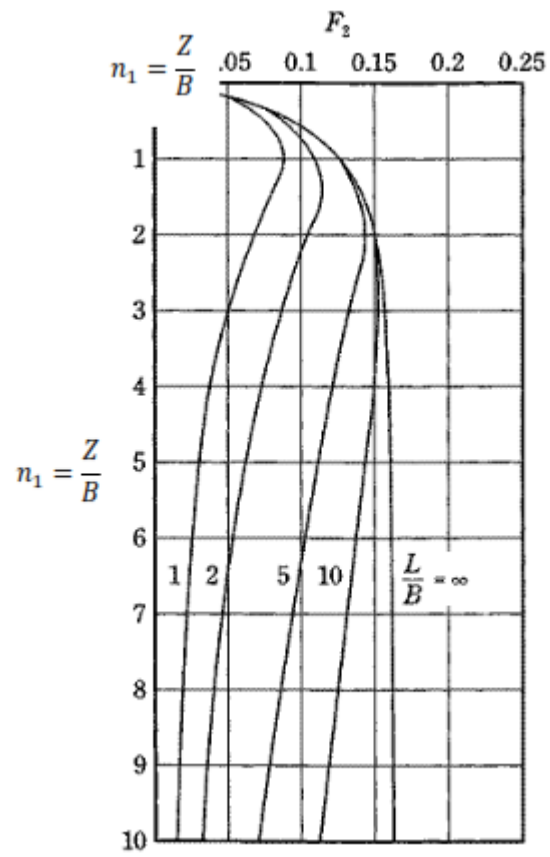
Para $Z/B < 10$:



$$I_p = \frac{1}{\pi} \left[m_1 \cdot \ln \left(\frac{1 + \sqrt{m_1^2 + 1}}{m_1} \right) + \ln \left(m_1 + \sqrt{m_1^2 + 1} \right) \right]$$

$$I_p = F_1 + \left(\frac{1 - 2\mu}{1 - \mu} \right) F_2$$

$$F_1 = \frac{1}{\pi} \left[m_1 \cdot \ln \left(\frac{1 + \sqrt{m_1^2 + 1} \cdot \sqrt{m_1^2 + n_1^2}}{m_1 \cdot (1 + \sqrt{1 + m_1^2 + n_1^2})} \right) + \ln \left(\frac{m_1 \cdot \sqrt{1 + m_1^2} \cdot \sqrt{1 + n_1^2}}{m_1 + 1 + \sqrt{1 + m_1^2 + n_1^2}} \right) \right]$$



$$F_2 = \frac{n_1}{2\pi} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{m_1}{n_1 \sqrt{1+m_1^2+n_1^2}} \right)$$

$$\rho_{\text{esquina}} = I_p \frac{B}{E} q (1 - \mu^2)$$

$$\rho_{\text{centro}} = \rho_{\text{esquina}}$$

$$S_e = \frac{H_o \cdot C_c}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma_{vo} + \Delta_{\sigma v}}{\sigma_{vo}}$$

C_c

LL

H_o

e_0

σ_{vo}

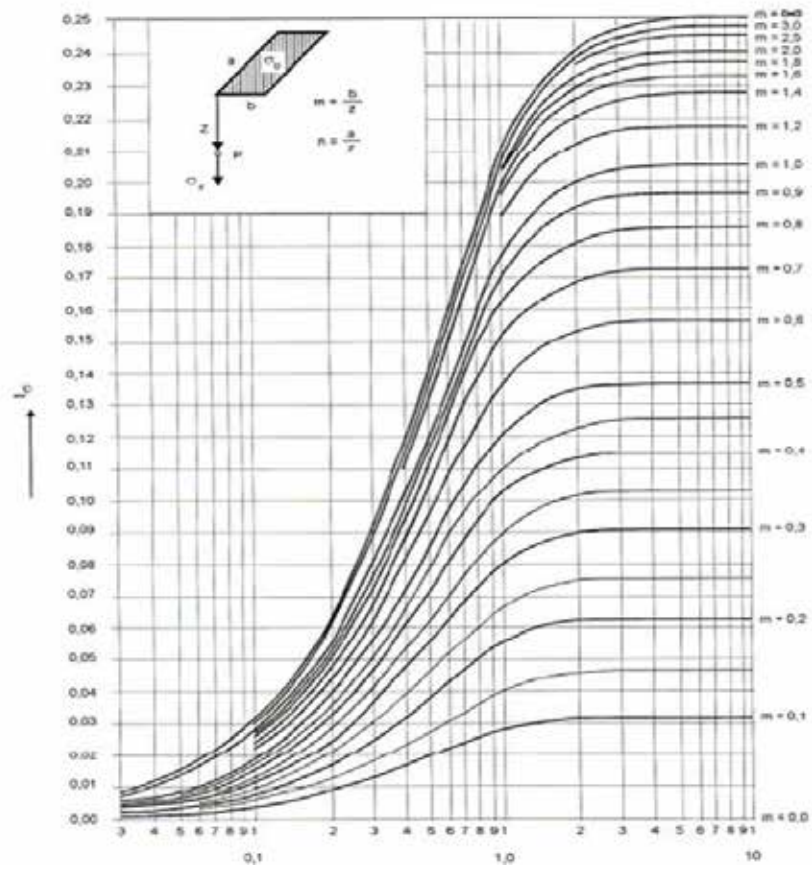
$\Delta_{\sigma v}$

$$\Delta_{\sigma v} = q_o \cdot I$$

$$I = \frac{1}{4\pi} \left(\frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+m^2n^2+1} \cdot \frac{m^2+n^2+2}{m^2+n^2+1} + \tan^{-1} \frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+1-m^2n^2} \right)$$

$$\mathbf{m} = \frac{\mathbf{B}}{\mathbf{Z}} = \frac{\mathbf{X}}{\mathbf{Z}}$$

$$\mathbf{n} = \frac{\mathbf{L}}{\mathbf{Z}} = \frac{\mathbf{Y}}{\mathbf{Z}}$$



$$\sigma_{v0} + \Delta\sigma_v \geq \sigma_{pc}$$

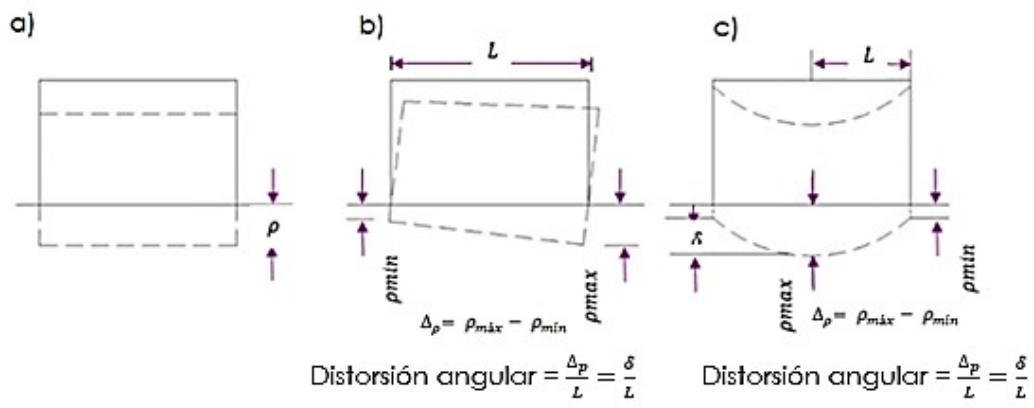
$$S_e = \frac{H_0 \Delta_e}{1 + e_0}$$

$$\Delta_e = C_r \log \frac{\sigma_{pc}}{\sigma_{v0}} + C_c \log \frac{\sigma_{v0} + \Delta_{sv}}{\sigma_{pc}}$$

$$C_r = \frac{e_0 - \sigma_{pc}}{\log \frac{\sigma_{pc}}{\sigma_{v0}}}$$

C_r

σ_{pc}

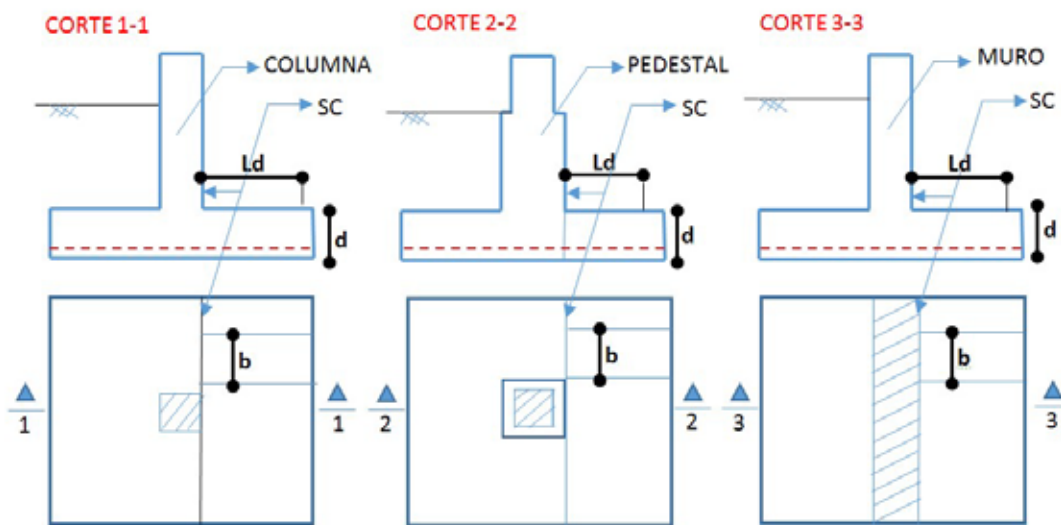
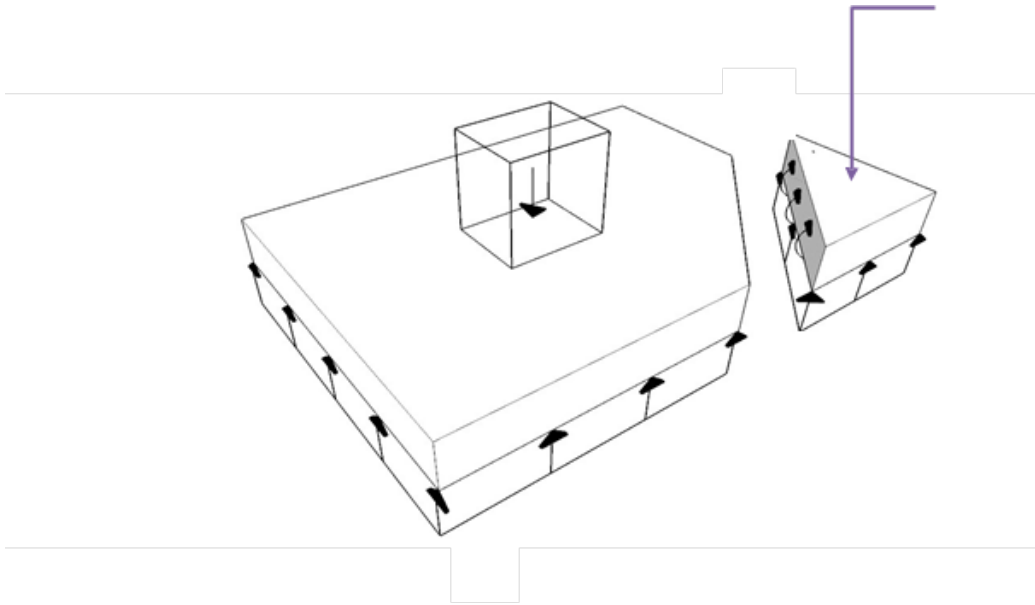


$$(\text{carga o sollicitacion})_{\text{servicio}} * F_{\text{mayoracion}} \leq \text{Resistencia}_{\text{teorica}} * F_{\text{minoracion}}$$

$$M_u \leq \theta M_n$$

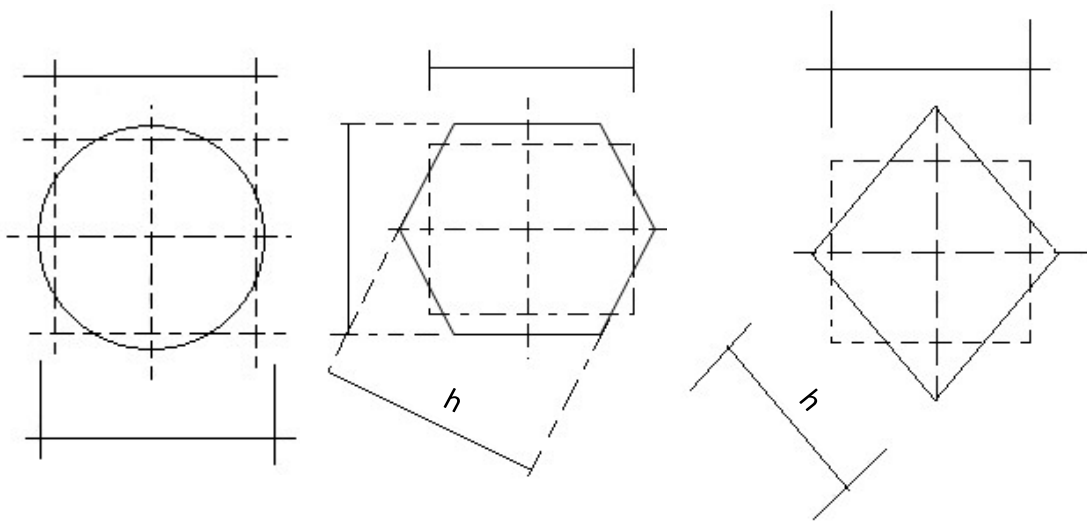
$$V_u \leq \theta V_n$$

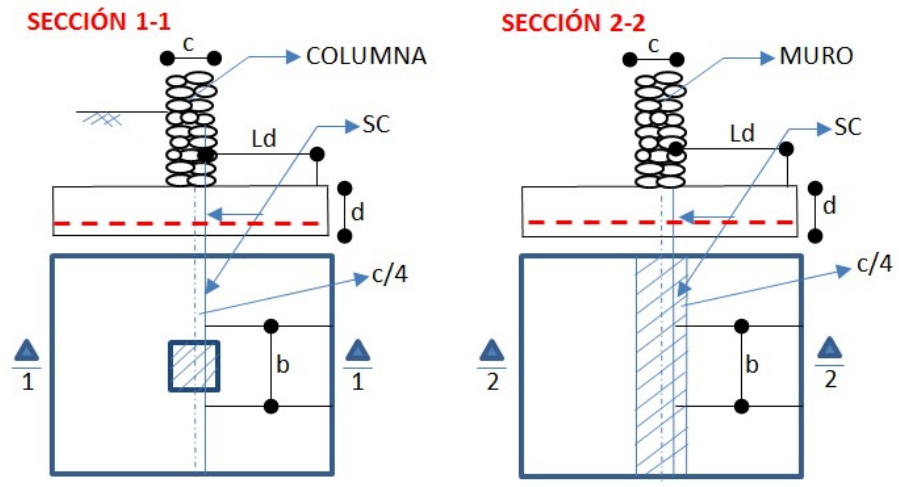
$$P_u \leq \theta P_n$$



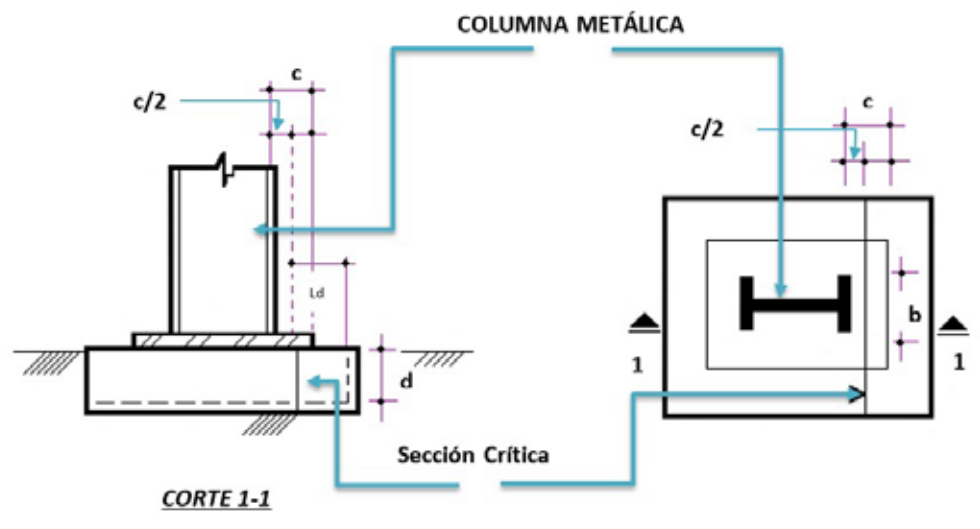
S.C = Sección crítica

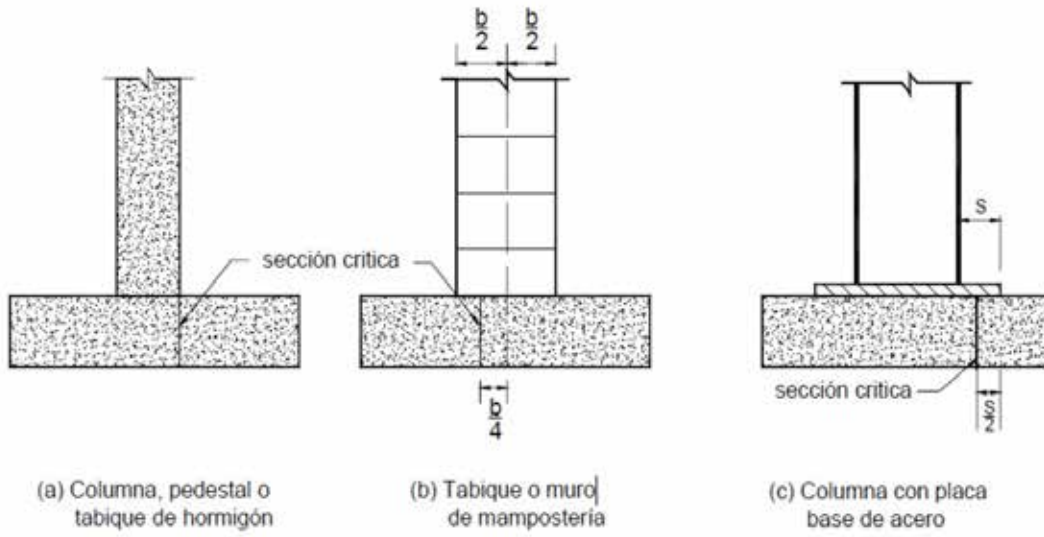
b = Ancho unitario 1m

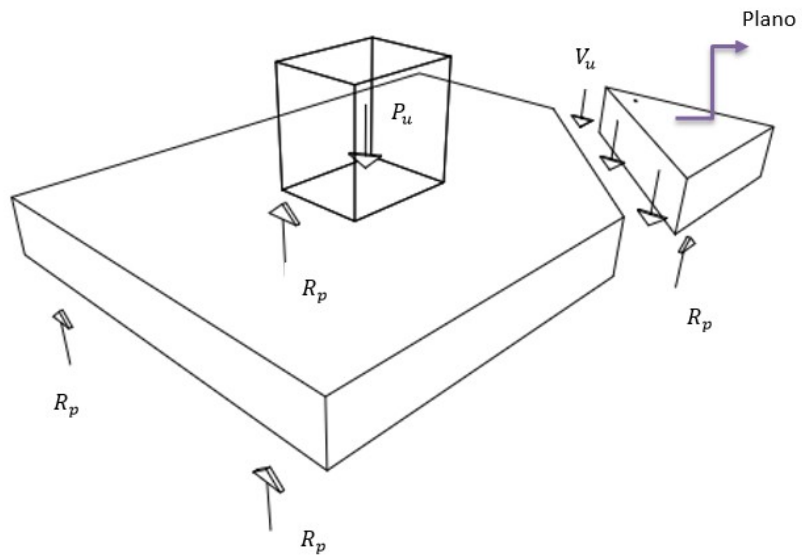


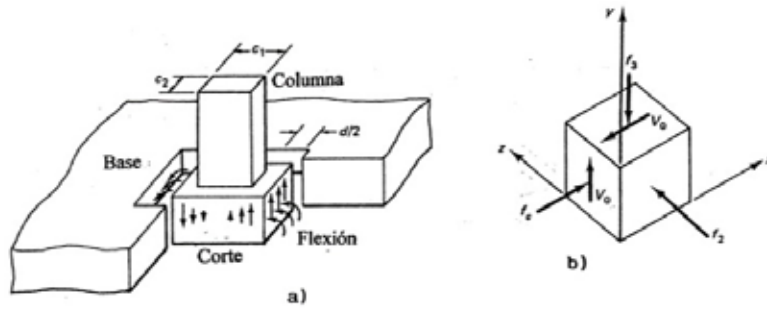


S.C = Sección crítica
 b = Ancho unitario 1m



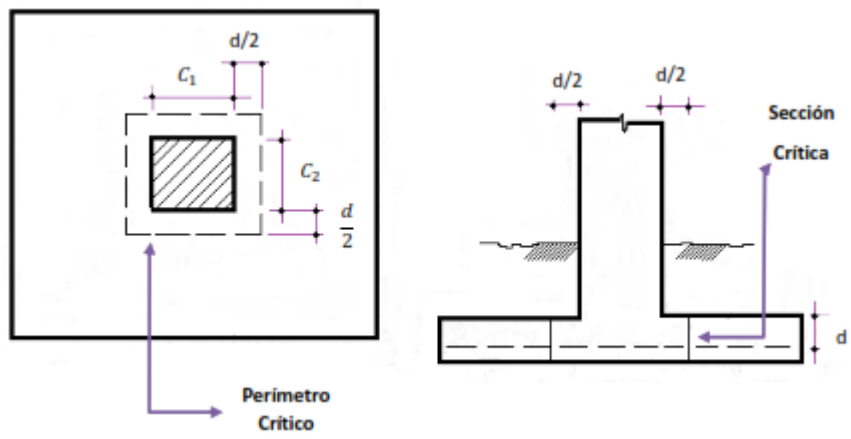






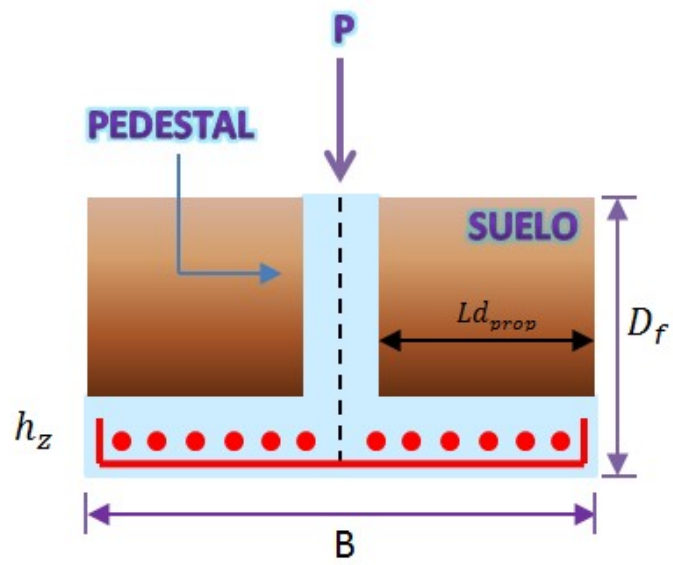
b_0

$d/2$

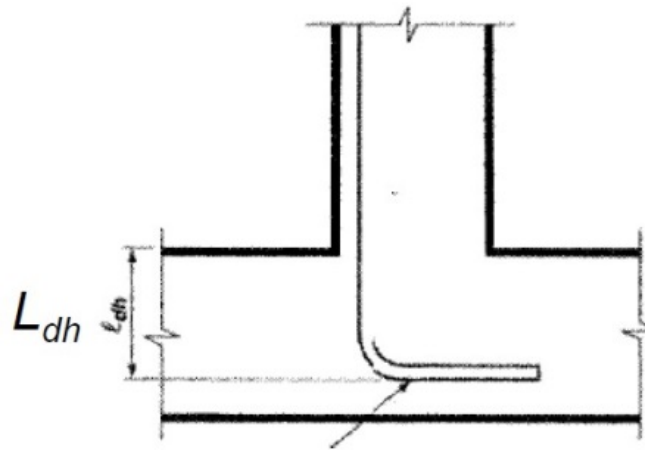


$$F'_c$$

$$F'_c$$



$$A_s \geq 0,005 A_{pedestal} \geq 0,001 A_{col}$$



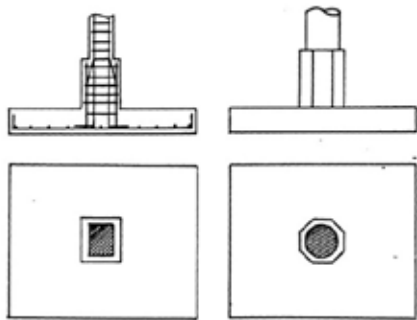
$$h_{zapata} \geq 30\text{cm}$$

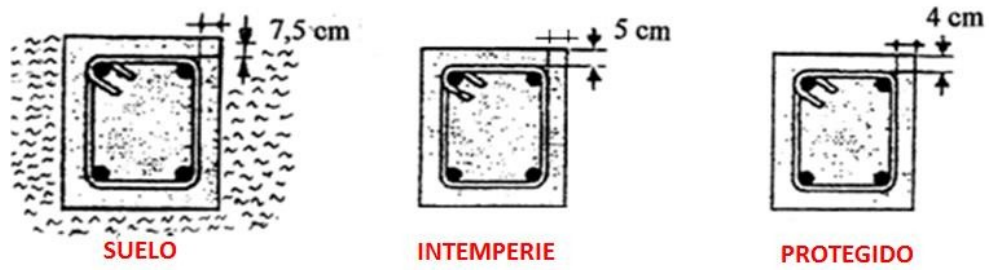
$$s \geq \emptyset \text{ (diametro de la cabilla)}$$

$$s \geq 2.5\text{cm}$$

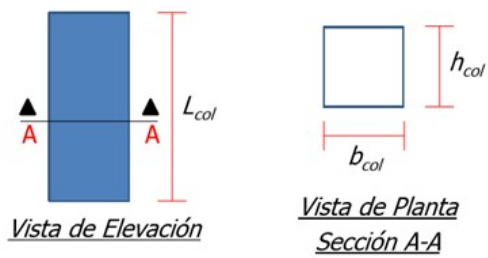
$$s \geq 3h_{zapata}$$

$$s \geq 45\text{cm}$$





$$L_{col} < 3 \cdot [\text{dimension lateral menor } (b_{col} \text{ o } h_{col})]$$

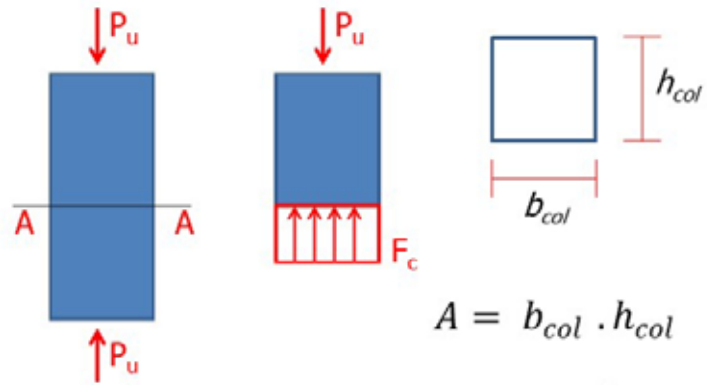


$$F_c \leq F_{c_{\text{máx}}}$$

$$F_{c_{\text{máx}}} = \phi \cdot 0.85 \cdot F'_c$$

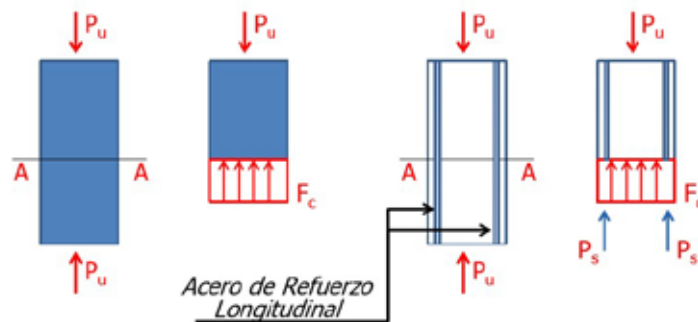
$$\phi = 0.65$$

$$F_c = \frac{P_u}{A}$$



$$A = b_{col} \cdot h_{col}$$

$$\phi \cdot 0.85 \cdot F'_c \cdot A_g$$



$$\rho = \frac{A_s}{A_g}$$

$$0.01 \leq \rho \leq 0.06$$

$$A_s \geq 0.005 A_{ped} \geq 0.001 A_{col}$$

$$d \geq \frac{B - b}{4}$$

P_u

P

A_{req}

$$A_{req} = \frac{v \Sigma P}{\sigma_{adm}}$$

$$\sigma_u = \frac{P_u}{B}$$

$$M_u = \sigma_u \cdot \frac{n^2}{2}$$

$$M_u = \sigma_u \cdot \left(n + \frac{b}{4}\right)^2 / 2$$

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{\mu \cdot F'_c \cdot 100 \text{cm}}}$$

d

$$V_u = \sigma_u \cdot c \cdot 100 \text{cm}$$

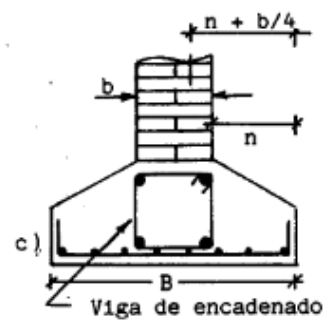
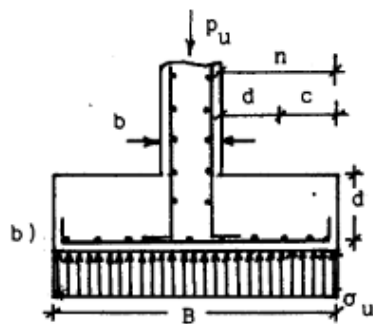
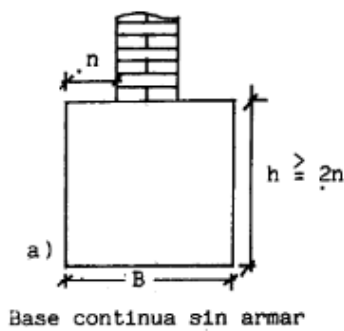
$$V_u = \frac{V_u}{\phi \cdot d \cdot 100 \text{cm}} \leq V_c = 0,53 \cdot \sqrt{F'_c}$$

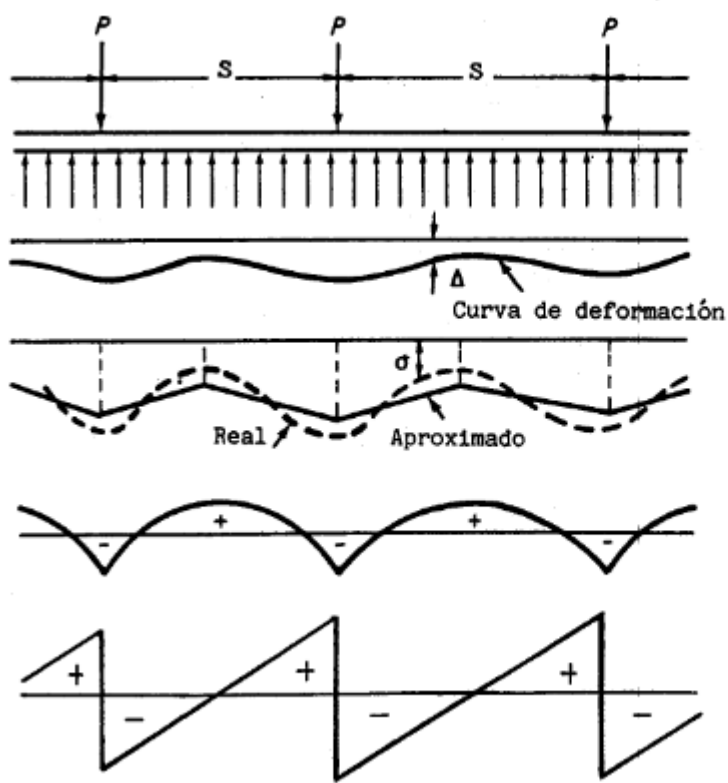
$$\phi = 0,85$$

$$\phi 5/8$$

$$s \leq 25 \text{cm}$$

$$\phi 3/8$$





Reacción del suelo

Asentamientos

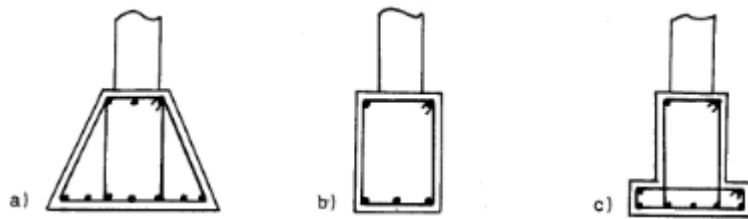
Curva de deformación

Distribución de las presiones de contacto

Diagrama de momentos

Diagrama de esfuerzos cortantes

\leq



L_e

$$L_e = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E_c \cdot I}{K \cdot B}}$$

E_c

I

$B \quad K$

$$S \leq \frac{\pi}{2} L_e$$

S

b

s

$$\mathbf{S} \leq \frac{\pi}{2} \mathbf{L}_e + \mathbf{b}$$

$$\mathbf{S} \leq 1,75 \mathbf{L}_e$$

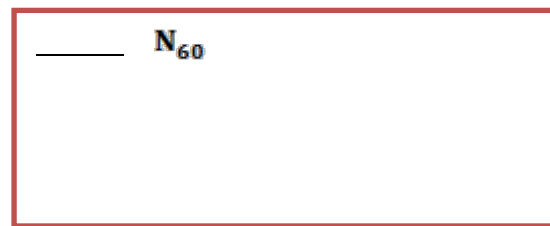
$$\mathbf{S} > \frac{\pi}{2} \mathbf{L}_e$$

$$\mathbf{S} > \frac{\pi}{2} \mathbf{L}_e + \mathbf{b}$$

d *b*

b

$$N_{60} = 0.7 N_{SPT}$$



$$C_n = \left(\frac{10}{\sigma_{vo}}\right)^{0.5} \sigma \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$N_{1(60)} = 0.7 C_N N_{SPT}$$

$$\frac{M_{serv}}{P_{serv}} = N_{1(60)}$$

$$\phi = 27.1 + 0.3N_{corr} - 0.00054 N_{corr}^2$$

$$\frac{M_{serv}}{P_{serv}} = N_{corr}$$

$$P_{serv} = M_{serv}$$

$$P_{serv} = P_{cv} + P_{cp}$$

$$e = \frac{M_{serv}}{P_{serv}}$$

$$\sigma_{\text{adm}} \frac{P_{\text{serv}}}{A}$$

$$A \frac{P_{\text{serv}}}{\sigma_{\text{act}}}$$

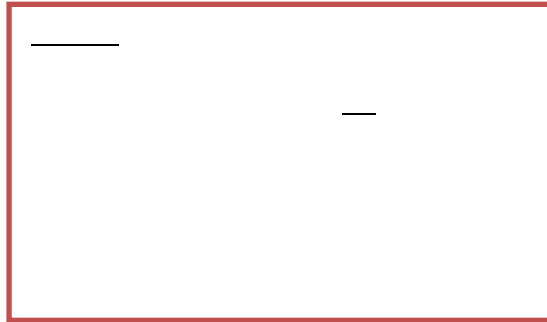
$$\sqrt{A}$$

$$\frac{L}{B} = (1,2 \text{ A } 1,5) \quad L = (1,2 \text{ al } 1,5)B$$

$$\mathbf{L} = (1,2 \text{ al } 1,5)\mathbf{B}$$

$$\mathbf{A} = \mathbf{B}(1,2 \text{ a } 1,5)\mathbf{B} = (1,2 \text{ a } 1,5)\mathbf{B}$$

$$\sqrt{\frac{\mathbf{A}}{(1,2 \text{ A } 1,5)}}$$



$$\mathbf{A}' = \mathbf{B}' \mathbf{L}'$$

$$\mathbf{B}' = \mathbf{B} - 2\mathbf{e}$$

$$\mathbf{L}' = \mathbf{L}$$

$$A' = B'L'$$

$$B' = B - 2e$$

$$L' = L - 2e$$

$$N_c, N_q, N_\gamma$$

$$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$$

$$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$$

$$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$$



$$0 \leq D_1 \leq D_f$$

$$q = D_1 D_2 \gamma_{sat} \gamma_w$$

$$0 \leq d < B$$

$$q = \gamma D_f$$

$$\gamma = \gamma' + \frac{d}{B} (\gamma - \gamma')$$

$$\gamma' = (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w)$$

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + \gamma D_f N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \left(\gamma' + \frac{d}{B} (\gamma - \gamma') \right) N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$d \geq B,$$

$$q_{\max} = \frac{Q}{BL} \left(1 + \frac{6e}{B} \right)$$

$$q_{\min} = \frac{Q}{BL} \left(1 - \frac{6e}{B} \right)$$

$$e \leq \frac{B}{6} \quad q_{\min}$$

$$e > \frac{B}{6} \quad q_{\min}$$

$$q_{\max} = \frac{4Q}{3L(B - 2e)}$$

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$A = \text{area efectiva} = A' L' \quad \frac{Q_{ult}}{A' q_u}$$

$$F_s = \frac{Q'_{ult}}{Q}$$

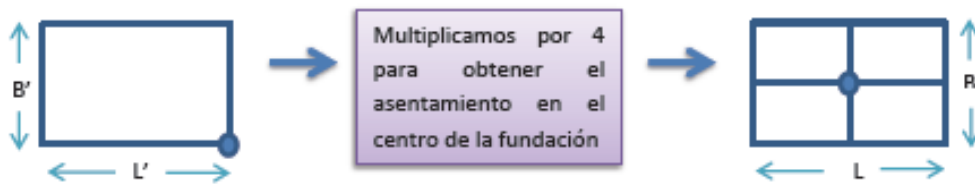
$$Q'_{ult} = A' q_u$$

$$Q = P_{serv} \quad B.L.D_f$$



$$FS = \frac{q_u}{q_{max}}$$

$$q_{max} = \frac{P}{A_{zap}} \left(\frac{6e}{B} \right)$$



$$B' = \frac{B}{2} \quad L' = \frac{L}{2}$$

$$I_p$$

$$m_1 = \frac{L}{B}$$

$$I_p$$

$$\frac{D}{B}$$

$$F_2 \cdot \frac{L}{B} \quad F_1$$

$$I_p \quad F_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} F_2$$

$$\rho_{\text{esquina}} = I_p \frac{B}{E} q (1 - \mu^2)$$

$$\rho_{\text{centro}} = 4\rho_{\text{esquina}}$$

$$S_e = \frac{H_o \cdot C_c}{1 + e_o} \log \frac{\sigma_{vo} + \Delta_{sv}}{\sigma_{vo}}$$

$$\sigma_{vo} \quad \Delta_{sv} \quad \sigma_{pc}$$

$$S_e = \frac{H_o \cdot C_r}{1 + e_o} \log \frac{\sigma_{vo} + \Delta_{sv}}{\sigma_{vo}}$$

$$\sigma_{vo} \quad \Delta_{sv} \quad \sigma_{pc}$$

$$S_e = \frac{H_o \cdot \Delta_e}{1 + e_o}$$

$$\Delta_e = C_r \log \frac{\sigma_{pc}}{\sigma_{vo}} \quad C_c \log \frac{\sigma_{vo} + \Delta_{sv}}{\sigma_{pc}}$$

$$C_r = \frac{e_o - \sigma_{pc}}{\log \frac{\sigma_{pc}}{\sigma_{vo}}}$$

C_c

L_L

L_L

Hn :

H:

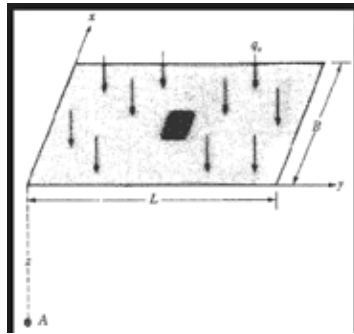
σ_{vo}

$\Delta_{\sigma v}$

C_r

σ_{pc}

$\Delta_{\sigma v}$



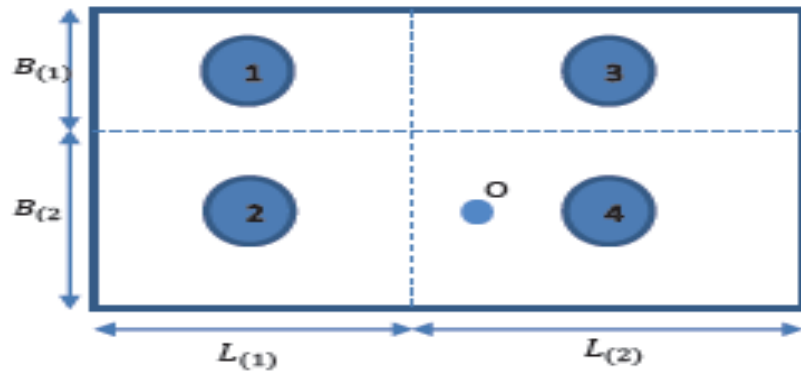
$\Delta_{\sigma v} \quad q_o l$

I:

$$I = \frac{1}{4\pi} \frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+m^2n^2+1} \frac{m^2+n^2+2}{m^2+n^2+1} \tan^{-1} \frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2-m^2n^2+1}$$

$$m = \frac{B}{z} \quad \frac{x}{z} \quad n = \frac{L}{z} \quad \frac{y}{z}$$

$\Delta_{\sigma v} \quad q_o l$



$$\Delta_{ov} = q_o l$$

$$\Delta_{ov} = q_o (I_1 + I_2 + I_3 + I_4)$$

I_n

_____	_____	_____

Dónde:

€ **v**: Factor de mayoracion.

ΣP: Sumatoria de cargas (permanentes y variables).

$$A_{req} = \frac{v \Sigma P}{\sigma_{adm}}$$

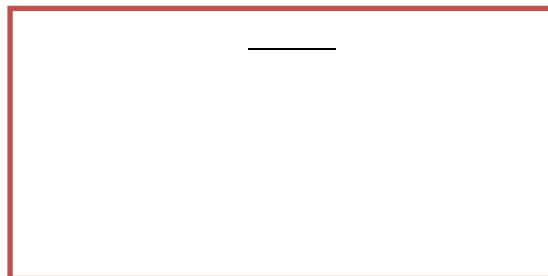
v

	v
≤	
≤ ≤	
≤ ≤	

$$A = B^2 \rightarrow B = \sqrt{A}$$

“B es un valor que debe redondearse por exceso, en cm, y ser múltiplo de 5”

$$A = B.L \rightarrow B = \frac{A}{L}$$



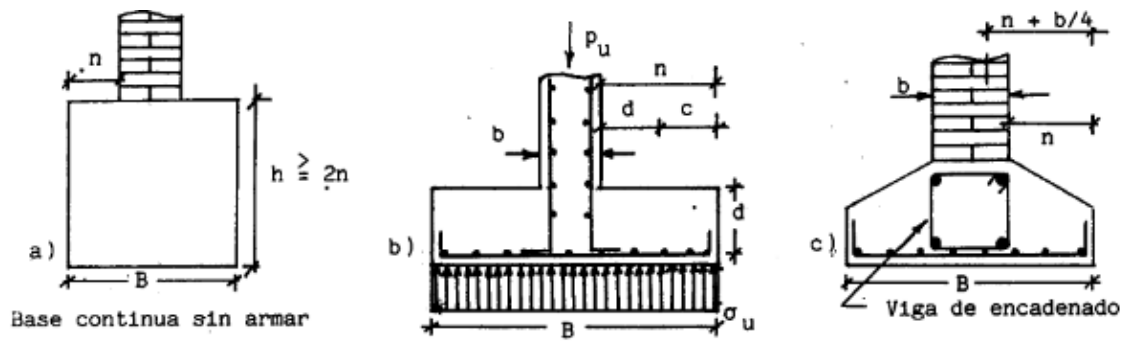
$$P_{u1=1,2} \Sigma CP$$

$$P_{u2=1,2} \Sigma CP + 1,6 \Sigma CV$$



$$\sigma_u = \frac{P_u}{A}$$

$$M_u = \sigma_u \cdot \frac{n^2}{2} \rightarrow n = \frac{B - b}{2}$$



$$d = \sqrt{\frac{M_u}{\mu \cdot F'_c \cdot 100\text{cm}}} \rightarrow \mu = 0.1448$$

$d < 30\text{ cm} \rightarrow \text{Tomar } 30\text{ cm}$

$d > 30\text{ cm} \rightarrow \text{Tomar mltiplos de } 5$

$$v_u = \sigma_u \cdot c \cdot 100\text{cm} \rightarrow c = n - d$$

$$V_u = \frac{v_u}{\phi \cdot d \cdot 100\text{cm}}$$

$$V_c = 0.53 \cdot \sqrt{F'_c}$$

$$V_u \leq \phi V_c$$

" L_e "
" S "

$$L_e = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E_c \cdot I}{K \cdot B}} \rightarrow E_c = 15100 \sqrt{F'_c}$$

Dónde:

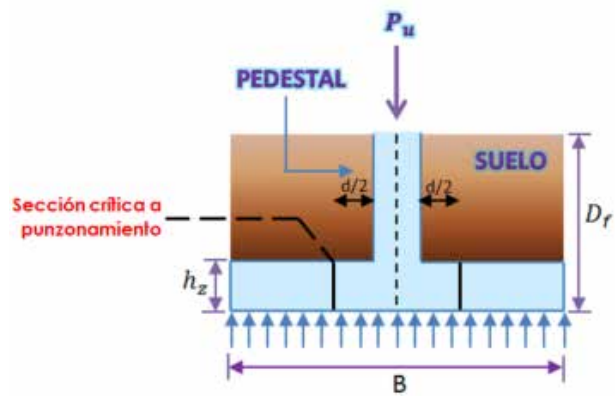
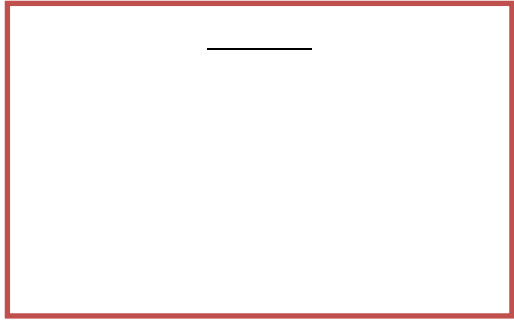
E_c : Modulo de elasticidad del concreto

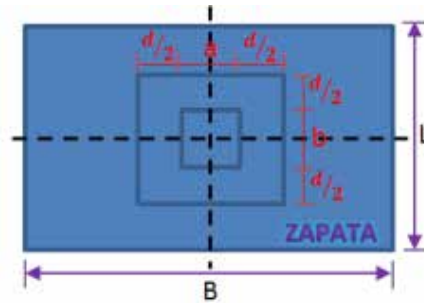
I : Inercia de la sección

K : Capacidad portante del suelo, obtenido

$$S \leq \frac{\pi}{2} L_e$$

$$S \leq \frac{\pi}{2} L_e + b$$





$$V_u = P_u - \sigma_u (b + d)^2$$

$$b_o = P_u - 4(b + d)$$

$$b_o = 2(b_x + d) + 2(b_y + d)$$

$$V_u = \frac{V_u}{b_o \cdot d}$$

$$\phi V_c$$

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$f_a \leq \phi f_c$$

$$f_a = \frac{P_u}{A_{ped}} \rightarrow A_{ped} = a \cdot b$$

$$f_c = 0,85 \cdot F'_c$$

$$\phi f_c$$

$$f_a \leq \phi f_c$$

$$f_a = \frac{P_u}{A_{ped}} \rightarrow A_{ped} = a \cdot b$$

$$f_c = 0,85 \cdot F'_c \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

Dónde:

A_2 : Area de la base mayor (**A_{zapata}**)

A_1 : Area de la base menor (**$A_{columna}$**)

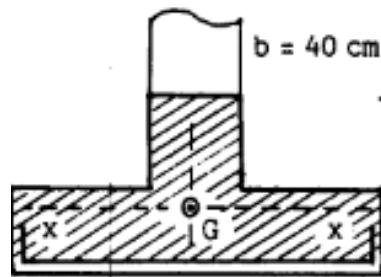
$\sqrt{A_1}$

$$\phi f_c$$

$$f_a \leq \phi f_c$$

$$\rightarrow S \geq \frac{\pi}{2} L_e + b$$

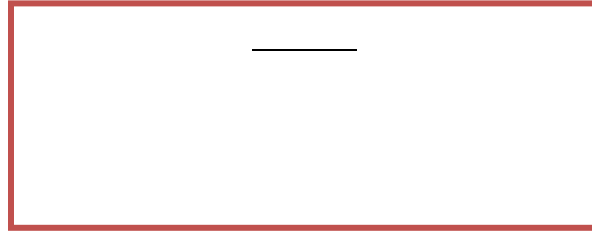
$$\rightarrow S \leq \frac{\pi}{2} L_e + b$$



I

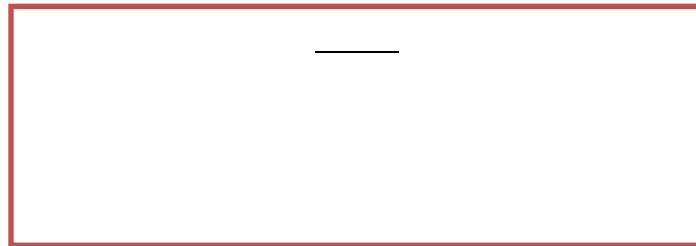
L_e

$$\rightarrow S \leq \frac{\pi}{2} L_e + b$$



d

$$d = \sqrt{\frac{M_{u_{max}}}{\mu \cdot F'_c \cdot b}} \rightarrow \mu = 0.1448$$



$$A_s = \sqrt{\frac{M_{u_{max}^+}}{\phi \cdot F_y \cdot j_u \cdot d}}$$

j_u

$$A_s = \sqrt{\frac{M_{u_{max}^-}}{\phi \cdot F_y \cdot j_u \cdot d}}$$

ϕ : Factor de minoración

F_y : Esfuerzo cedente del acero

j_u : 0,90

d : Altura útil de la viga

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{F_y} \cdot b \cdot d$$

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$A_s = \frac{M_{u_{base}}}{\phi \cdot F_y \cdot j_u \cdot d}$$

$$A_{s_{min_{base}}} = 0,002 \cdot b \cdot 100cm$$

$$A_{s_{base}} > A_{s_{min_{base}}}$$

Dónde:

v: Factor de Mayoración.

ΣP: Sumatoria de cargas (permanentes y variables).

v

Profundidad H de apoyo de la fundacion	v
H ≤ 1,5	1,15
1,5 m < H ≤ 3 m	1,2
3 m ≤ H ≤ 5 m	1,3

$$A = B^2 \rightarrow B = \sqrt{A}$$

$$A = B \cdot L \rightarrow B = \frac{A}{L}$$

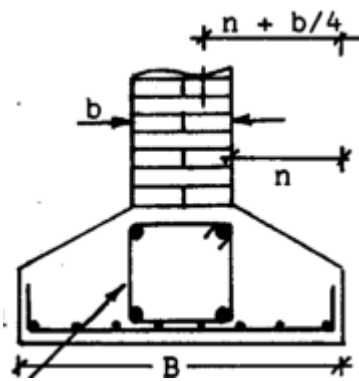
“B es un valor que debe redondearse por exceso, en cm, y ser múltiplo de 5”

$$P_{u1=1,2} \Sigma CP$$

$$P_{u2=1,2} \Sigma CP + 1,6 \Sigma CV$$



$$\sigma_u = \frac{P_u}{A}$$



$$M_u = \sigma_u \cdot \left(n + \frac{b}{4} \right)^2 / 2 \rightarrow n = \frac{B - b}{2}$$

$$d \geq \frac{B - b}{4}$$



$$d = \sqrt{\frac{M_u}{\mu \cdot F'_c \cdot 100\text{cm}}} \rightarrow \mu = 0.1448$$

$$V_u = \sigma_u \cdot c \cdot 100\text{cm}$$

$$V_u = \frac{V_u}{\emptyset \cdot d \cdot 100\text{cm}}$$

$$V_c = 0,53 \cdot \sqrt{F'_c}$$

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot F_y \cdot j_u \cdot d}$$

$$A_{s_{min}} = 0,002 \cdot b \cdot 100cm$$

$$A_s > A_{s_{min}}$$

$$\overline{CP} = 62 \text{ ton}$$

$$CV = 48 \text{ ton}$$

$$\overline{CP} = 66 \text{ ton}$$

$$CV = 46 \text{ ton}$$

$$F'_c = 220 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$F_y = 3000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$H = 3 \text{ m}$$

$$\overline{CP} = 70 \text{ ton}$$

$$CV = 53 \text{ ton}$$

$$\overline{CP} = 74 \text{ ton}$$

$$CV = 42 \text{ ton}$$

σ_{VD} :

$$\sigma_{VD} = (\quad , \quad) + (\quad)$$

$$\sigma_{VD} = (\quad + \quad) = \quad .$$

$$C_n = \left(\frac{10}{5} \right)^{0.5} = 1.41$$

$$N_{1(60)(3m)} = 0.7 C_N N_{SPT} = (0.7)(1.41)(38) = 37$$

$$\phi = 27.1 + 0.3N_{\text{corr}} - 0.00054 N_{\text{corr}}^2 = 27.1 + 0.3(37) - 0.00054(37)^2 = 30.80^\circ$$

$$A \frac{P_{serv}}{\sigma_{act}} = \frac{\sum CP + \sum CV}{\sigma_{adm}} = \frac{272000 \text{Kg}}{3 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 90666,66 \text{cm}^2 = 90,66 \text{m}^2$$

$$L = (1,2 \text{ al } 1,5)B$$

$$\sqrt{\frac{A}{(1,2 \text{ A } 1,5)}} = \frac{90,66}{1,3} = 8,35 \text{m}$$

$$L = 1,3(8,35) = 10,85 \text{m}$$

$$qu = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$\phi = 31^\circ$$

$$N_c = 32,67$$

$$N_q = 20,63$$

$$N_\gamma = 25,9$$

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} N_q N_c = 1 + \frac{8,35}{10,85} \frac{(20,63)}{32,67} = 1,48$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan 31 = 1,46$$

$$F_{\gamma s} = 1 - \frac{B}{L} = 0,23$$

$$\frac{D_f}{B} = \frac{3}{8} = 0,375$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_a \tan \phi} = 1,28 - \frac{(1 - 1,28)}{32,67 \tan 31} = 1,29$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan 31(1 - \sin 31)^2 = 1.28$$

$$F_{\gamma s} = 1$$

$$F_{ci} = F_{\gamma i} = 1$$

$$q = \gamma D_f (1.5)(3) = 4.5$$

$$\gamma' = (1.85 - 1) = 0.85 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}$$

$$\gamma' = 0.85 + \frac{3}{2.6}(2 - 0.85) = 2.17 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}$$

$$\overline{CP} = 62 \text{ton}$$

$$CV = 48 \text{ton}$$

$$\overline{CP} = 70 \text{ton}$$

$$CV = 53 \text{ton}$$

$$\overline{CP} = 66 \text{ton}$$

$$CV = 46 \text{ton}$$

$$\overline{CP} = 74 \text{ton}$$

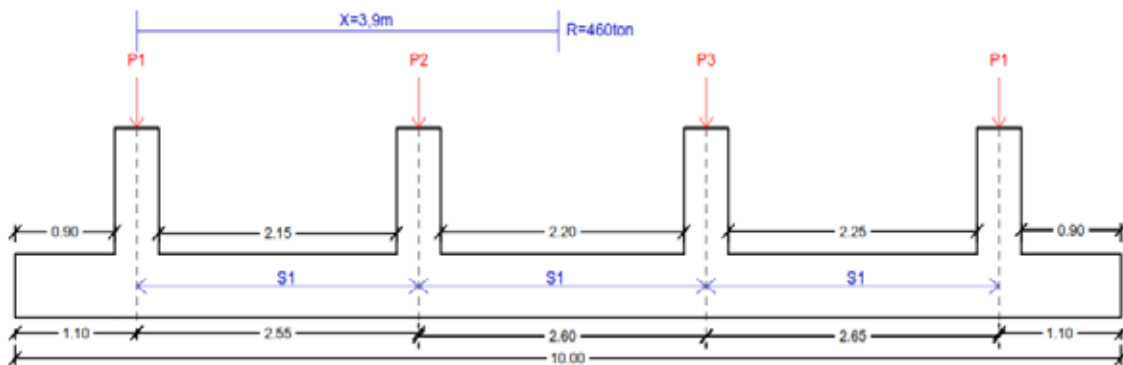
$$CV = 42 \text{ton}$$

$$F'_c = 220 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$F_y = 3000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$H = 3 \text{m}$$

$$\sigma_{adm} = 3 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$



$$H = 3m \rightarrow v = 1,3$$

$$\Sigma P = CV + CP$$

$$A_{req} = \frac{1,3 (460.000kg)}{3 \frac{kg}{cm^2}} = 199.333,33cm^2 \cong 20m^2$$

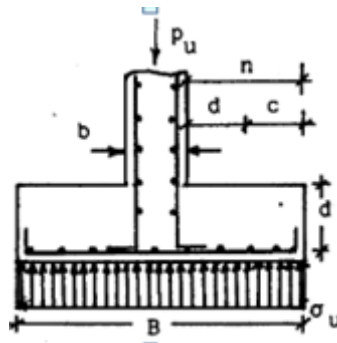
$$A = B \cdot L \rightarrow B = \frac{20m^2}{10m} = 2m$$

$$P_{u=1,2} \Sigma CP + 1,6 \Sigma CV$$

$$P_{u=1,2} (272 T) + 1,6 (188 T) = 627,2 T \cong 627.200kg$$

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A} = \frac{627.200kg}{200.000cm^2} = 3,13 \frac{kg}{cm^2} \cong 31,36 \frac{kg}{m^2}$$

n c



$$n = \frac{B - b}{2} = \frac{200\text{cm} - 40\text{cm}}{2} = 80\text{cm}$$

$$M_u = \sigma_u \cdot \frac{n^2}{2} \cdot 100\text{cm} = \left(3,13 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right) \left(\frac{(80\text{cm})^2}{2}\right) (100\text{cm}) =$$

$$M_u = 1.001.600\text{kg} \cdot \text{cm} \cong 10,01 \text{ T} \cdot \text{m}$$

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{\mu \cdot F'_c \cdot 100\text{cm}}} \rightarrow \mu = 0.1448$$

$$d = \sqrt{\frac{1.001.600\text{kg} \cdot \text{cm}}{(0.1448) \left(220 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right) (100\text{cm})}} = 17,73\text{cm}$$

$$d = 30\text{cm}$$

$$v_u = \sigma_u \cdot c \cdot 100\text{cm} \rightarrow c = n - d = 50\text{cm}$$

$$v_u = \left(31,36 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) (0,5\text{m})(1\text{m}) = 15,56 \text{ T} \cong 15.650\text{kg}$$

$$V_u = \frac{v_u}{\phi \cdot d \cdot 100cm} \rightarrow \phi = 0,85$$

$$V_u = \frac{15.650kg}{(0,85)(30cm)(100cm)} = 6,14 \frac{kg}{cm^2}$$

$$V_c = 0,53 \cdot \sqrt{F'_c}$$

$$V_c = 0,53 \sqrt{220 \frac{kg}{cm^2}} = 7,86 \frac{kg}{cm^2}$$

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$6,14 \frac{kg}{cm^2} \leq 7,86 \frac{kg}{cm^2}$$

"S"

$$L_e = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E_c \cdot I}{K \cdot B}} \rightarrow E_c = 15100 \sqrt{F'_c}$$

$$L_e = \sqrt[4]{\frac{(4) \left(223.969,19 \frac{kg}{cm^2} \right) (450.000cm^4)}{(10)(200cm)}} = 119,15cm$$

$$L_e = 120cm$$

$$S \leq \frac{\pi}{2} L_e + b$$

S = Mínima distancia entre ejes

$$S = 255cm$$

$$255\text{cm} \leq \frac{\pi}{2}(120\text{cm}) + (40\text{cm})$$

$$255\text{cm} \leq 229\text{cm}$$

L_e

$$I = 1.791.903,7\text{cm}^4 \rightarrow$$

$$L_e = \sqrt[4]{\frac{(4)\left(223.969,19 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right)(1.791.903,7\text{cm}^4)}{(10)(200\text{cm})}} = 168,26\text{cm}$$

$$255\text{cm} \leq 304,30\text{cm}$$

$P_1 P_2 P_3$

$$q_u = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}{L}$$

$$q_u = \frac{151,2 + 167,2 + 152,8 + 156}{10} = 62,70 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

$$F'_c = 220 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{\mu \cdot F'_c \cdot b}} = \sqrt{\frac{37,94 \times 10^5}{(0,1448)(220)(40)}} = 54,57 \text{ cm}$$

$$B = 40 \text{ cm}$$

$$d = 55 \text{ cm}$$

$$\mu = 0,1448$$

$$M_u = 37,94 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

NOTA:

M_u

$$A_s = \frac{M_{u_{\max}^+}}{\phi \cdot F_y \cdot j_u \cdot d} = \frac{18,04 \times 10^5}{(0,90)(3000)(0,90)(55)} = 13,50 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 14,20 \text{ cm}^2 \rightarrow 5\emptyset 3/4''$$

$$A_s = \frac{Mu_{max}}{\phi \cdot F_y \cdot j_u \cdot d} = \frac{37,94 \times 10^5}{(0,90)(3000)(0,90)(55)} = 28,38 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 30,42 \text{ cm}^2 \rightarrow 6\emptyset 1''$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{F_y} \cdot b \cdot d = \frac{14}{3000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} (40 \text{ cm})(55 \text{ cm}) = 10,26 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ calculado} \geq A_{s_{min}}$$

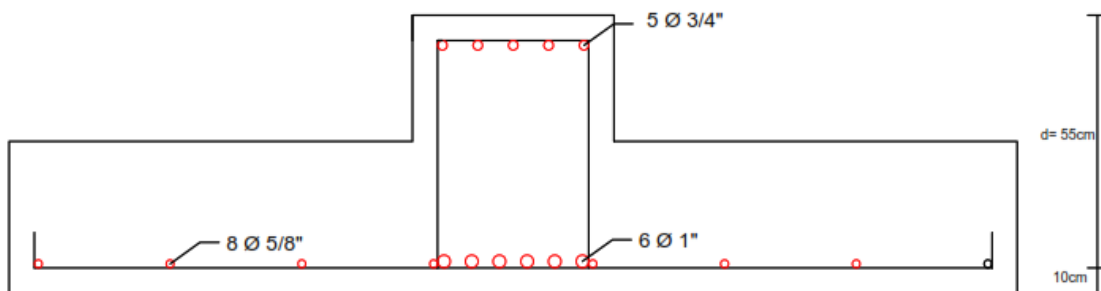
$$A_s = \frac{Mu_{base}}{\phi \cdot F_y \cdot j_u \cdot d} = \frac{1.001.600 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{(0,90) \left(3000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) (0,90)(30 \text{ cm})} = 13,74 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min_{base}}} = 0,002 \cdot b \cdot 100 \text{ cm} = 0,002 \cdot 40 \text{ cm} \cdot 100 \text{ cm} = 8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{base}} > A_{s_{min_{base}}}$$

$$13,74 \text{ cm}^2 > 8 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 15,84 \text{ cm}^2 \rightarrow 8\emptyset 5/8''$$



$$V_c = 0,53 \cdot \sqrt{F'_c} = 0,53 \sqrt{220} = 7,86 \frac{kg}{cm^2}$$

$$v_u = 35,66 \text{ ton.m} \cong 35.660 \text{ kg.m}$$

$$V_u = \frac{v_u}{\phi \cdot d \cdot b} = \frac{35.660 \text{ kg.m}}{(0,85)(55\text{cm})(40\text{cm})} = 19,07 \frac{kg}{cm^2}$$

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$19,07 \frac{kg}{cm^2} \leq 7,86 \frac{kg}{cm^2}$$

$$V_s = V_u - V_c \rightarrow V_s: \text{Cortante del acero}$$

$$V_s = 19,07 \frac{kg}{cm^2} - 7,86 \frac{kg}{cm^2} = 11,217,86 \frac{kg}{cm^2}$$

$$V_s \leq \sqrt{F'_c}$$

$$A_{vs} = \frac{S \cdot V_s \cdot b}{F_y} \rightarrow A_{vs}: \text{Area de corte del acero}$$

NOTA:

Se adopta S_{max} 15cm, para toda la longitud de la viga

$$A_{vs} = \frac{S \cdot V_s \cdot b}{F_y} = \frac{15\text{cm} \cdot 11,22 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 40\text{cm}}{3000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 2,24\text{cm}^2$$

$$A_s = 2,54\text{cm}^2 \rightarrow 2\emptyset 1/2''$$

