



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE FUNDACIONES SUPERFICIALES
TIPO CONCÉNTRICAS CON LA UTILIZACIÓN
DE GRÁFICOS Y NOMOGRAMAS.**

Autores
Elbi Mejer
Savarino Diosa

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 8712394



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

**MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE FUNDACIONES
SUPERFICIALES TIPO CONCÉNTRICAS CON LA UTILIZACIÓN DE
GRÁFICOS Y NOMOGRAMAS.**

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

Autores:
Elbi T, Mejer
C.I: 24.236.067
Savarino F, Diosa D.
C.I: 19.580.871
Tutor: Herrada Jutzy
C.I: 12.809.606

San Diego, Febrero de 2020



FI-L-017-2019-3CR (TG)

Valencia, 04 de diciembre de 2019

Ciudadanos:
Mejer , Elbi T.
24.236.067
Savarino F, Diosa D.
19.580.871
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 03-2019 de fecha 06-09-2019 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE FUNDACIONES SUPERFICIALES TIPO CONCENTRICAS CON LA UTILIZACIÓN DE GRÁFICOS Y NOMOGRAMAS** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación de la Ing. Jutzy Herrada C.I: 12.809.606 como Tutora Académica que los asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Prof. Luis Lira

Decano de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

LI/s.a.



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. Jutzy Herrada, portadora de la cédula de identidad N° 12.809.606, en mi carácter de tutora del trabajo de grado presentado por los ciudadanos Mejer Elbi, portador de la cédula de identidad N° 24.236.067 y Diosa Savarino, portador de la cédula de identidad N° 19.580.871, titulado **MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE FUNDACIONES SUPERFICIALES TIPO CONCÉNTRICAS CON LA UTILIZACIÓN DE GRÁFICOS Y NOMOGRAMAS**, 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 17 días del mes 02 del año dos mil veinte.



Ing. Jutzy Herrada
C.I.: 12.809.606



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

San Diego, 2020

ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL TRABAJO DE GRADO

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: **MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE FUNDACIONES SUPERFICIALES TIPO CONCÉNTRICAS CON LA UTILIZACIÓN DE GRÁFICOS Y NOMOGRAMAS** ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. Jutzy Herrada
Tutor Académico

Firma

Fecha

Ing. Alicia de Pizzella
Tutor Metodológico

Firma

Fecha

AGRADECIMIENTOS

Le damos las gracias a la Universidad José Antonio Páez, por habernos permitido formarnos en ella, agradecemos a nuestros docentes de la facultad de Ingeniería Civil, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, a la Ing. Jutzy Herrada tutor de nuestro proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente, y al Ing. Alejandro F. Pocaterra B. Por su valioso aporte para nuestra investigación, que el día de hoy se ve reflejado en la culminación de nuestro paso por la Universidad.

A todos nuestros compañeros, por todas las experiencias y tratos que durante esta misma vivimos, cada detalle que hoy recordamos, el cual simplemente nos permite agradecer.

Cada día fue un reto en la vida universitaria, nuestro paso por la Universidad, no es simplemente un momento de nuestra vida, es el momento mismo en el que podemos decir que somos moldeados y enseñados en lo que hacemos y como lo haremos durante el resto de nuestras vidas.

Cada momento vivido dentro del proceso universitario, es simplemente, una oportunidad que nos brindan nuestros Padres con la ayuda de Dios y el Universo, para que podamos prepararnos en aquello que tanto deseamos y que con tanta dedicación nos esforzaremos por cumplir.

Gracias, muchísimas gracias.

Mejer Elbi

Diosa Savarino

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado va dedicado principalmente a Dios por darme la vida y estar siempre conmigo, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer, y por permitirme concluir con mi objetivo.

A mis padres que, con apoyo incondicional, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en un profesional, ha sido el orgullo y privilegio de ser su hijo, mis pilares gracias por el sacrificio y confianza permitieron que logre culminar mi carrera profesional.

ELBI MEJER

DEDICATORIA

Mi trabajo de grado voy a dedicarlo a Dios por no dejarme sola nunca y al Universo, por conspirar a mí favor y darme fuerzas para continuar con mi propósito y no desfallecer y poder concluir una etapa más de mi vida.

A mi abuela; en vida y ahora espiritualmente fue un pilar muy importante, tanto en la inspiración como en fuerza para cada día. Gracias a Dios por permitirme pasar mi vida con ella, gracias abuela Lucy, por siempre apoyarme y creer en mí, donde quiera que Dios te tenga porque este triunfo también es tuyo, gracias por tus oraciones.

A mis padres, hermanos, y a toda mi familia por el amor recibido, la dedicación, la paciencia y motivación con la que cada día se preocupaban por mi avance y desarrollo de ésta tesis. A mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí, gracias a mi madre que es mi norte, mi sur, mi este y oeste, por estar dispuesta siempre a acompañarme. A mi padre por siempre desear lo mejor para mi vida, a mis sobrinos Sofía Victoria y Jesús Leonardo por incentivar me.

La amistad es uno de los mayores tesoros, amigos que están presentes incluso en tiempos buenos y en contratiempos,

A la Familia Villalobos Ochoa, que estuvieron en las buenas y no tan buenas situaciones y por sus valiosas presencias. Gracias totales por su apoyo y hacerme sentir parte de su familia.

A mis amigos y profesores de la Universidad de Carabobo, que estuvieron en gran parte de mi formación en esta carrera y así exaltar su labor. Siembra una buena y sincera amistad y probablemente el tiempo te permitirá disfrutar de tu cosecha.

Gracias a todas las personas que creyeron y apoyaron en la realización de esta tesis.

SAVARINO DIOSA

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pg.
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE GR	xii
RESUMEN	xiii
INTRODUCCIÓN	1
I CAPÍTULO	
EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Formulación del problema	4
1.3 Objetivos de la investigación	5
1.3.1 Objetivo General	
1.3.2 Objetivos Específicos	
1.4 Justificación	5
1.5 Alcance	6
II MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la investigación	6
2.2 Bases teóricas	9
2.2.1 Suelos para fundaciones	9
2.2.1.1 Características de los suelos	10
2.2.1.2 Parámetros Geotécnicos	12
2.2.2 Fundaciones	14

2.2.2.1	Fundaciones Superficiales	14
2.2.3	Diseño de Fundaciones Superficiales	15
2.2.3.1	Capacidad de carga ultima	15
2.2.3.2	Asentamiento	30
2.2.4	Calculo estructural de fundaciones superficiales	33
2.3	Bases legales y normativas	41
2.4	Definición de términos	41

III MARCO METODOLÓGICO

3.1	Tipo de investigación	43
3.2	Diseño de la investigación	43
3.3	Nivel de la investigación	44
3.4	Población y muestra	45
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	46
3.6	Fases metodológicas	46

IV RESULTADOS

4.1	Diagnosticar la situación actual de egresados de Ingeniería Civil de competencia en el área de fundaciones superficiales	49
4.2	Analizar las bases teóricas en área de fundaciones superficiales	61
4.3	Diseñar un manual de fundaciones superficiales mediante gráficos y nomogramas	81

CONCLUSIONES	83
---------------------	----

RECOMENDACIONES	84
------------------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	85
-----------------------------------	----

ANEXOS

A. Instrumento a utilizar en las Encuestas	86
B. Validación del Instrumento	90
C. Confiabilidad del Instrumento.	95
D. Nomogramas Mindur	97

APENDICE

A. MANUAL DE FUNDACIONES SUPERFICIALES DE TIPO ZAPATA CON LA UTILIZACIÓN DE GRÁFICOS Y NOMOGRAMAS.	106
--	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		Pg.
1	Propiedades mecánicas y características de los suelos	13
2	Falla General por corte	16
3	Falla local por corte	17
4	Falla por punzonado	18
5	Factores de capacidad de carga para la teoría de Meyerhof	21
6	Cimentaciones cargadas excéntricamente.	23
7	Cimentaciones de columnas con carga excéntrica	25
8	Análisis de una cimentación con excentricidades en dos direcciones	26
9	Área efectiva para Caso I	27
10	Área efectiva para Caso II	28
11	Área efectiva para Caso III	28
12	Área efectiva para Caso IV	29
13	Asentamiento elástico de fundaciones superficiales	30
14	Asentamiento por Consolidación	32
15	Combinación de Solicitaciones	34
16	Factor de minoración	35
17	Pedestal cuadrado y circular	35
18	Profundidad H	36
19	Zapata de base aislada cuadrada	37
20	Base cuadrada	38

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO		Pg.
1	Conocimiento Fundaciones Superficiales	50
2	Experiencia en diseño y Cálculos estructurales	50
3	Aplicación de programa de cálculos en Fundaciones Superficiales	51
4	Diseño y cálculo en equipo de software	51
5	Capacitado para desarrollo de tablas con software	52
6	Desarrollo de hojas de cálculo con herramienta computacional	52
7	Impartir concreto armado con suficiente profundidad	53
8	Cálculo geotécnicos conociendo el terreno	54
9	Propiedades mecánicas de los aceros	54
10	Método geotécnico en diseño y cálculos en Fundaciones Superficiales.	55
11	Eficaz y rápido cálculos por método estructural	55
12	Se considera capacitado en métodos geotécnicos y estructurales	56
13	Elaboración de gráficos y monogramas	57
14	Desarrollo de Cálculo de zapatas Superficiales	57
15	Características mecánicas, esfuerzo de fluencia y resistencia	58
16	Influencia de Ambientes Salinos	59
17	Las fundaciones superficiales afectan el ambiente	69
18	Propiedades mecánicas del acero en Fundaciones Superficiales	69



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

**MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE FUNDACIONES
SUPERFICIALES TIPO CONCÉNTRICAS CON LA UTILIZACIÓN DE
GRÁFICOS Y NOMOGRAMAS.**

Autores: Elbi T, Mejer
Savarino F, Diosa
Tutor: Ing. Jutzy Herrada
Fecha: Febrero del 2020

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como propósito presentar un manual que mediante gráficos y nomogramas se calculen fundaciones superficiales directas de tipo concéntricas para cargas entre 100 y 150 toneladas con luces entre columnas de 4,5 y 6 metros en edificaciones de 2 a 3 niveles. Con relación a la metodología de la investigación utilizada; la misma se basa en la modalidad de proyecto factible, apoyada de una investigación aplicada de tipo documental de campo y de estudios intensivos; mediante el propósito de adquirir de manera rápida y resumida en gráficos y ábacos la información necesaria para el diseño de fundaciones aisladas partiendo de un estudio geotécnico, el cálculo de elementos estructurales basados en la Norma Venezolana COVENIN 1753-2006 y 1756-2001.

Descriptor: Fundaciones, Superficial, Concéntricas, Construcción, Edificaciones, Nomograma, Gráficos, Geotecnia, Manual.

INTRODUCCIÓN

Las cimentaciones superficiales, se llevan a cabo cuando existe en el terreno, a poca profundidad, una capa suficientemente resistente para soportar el edificio.

Para cualquier estructura pequeña es de gran importancia hacerse un estudio de suelos, los resultados determinarán la resistencia que esta tendrá. Es evidente que para que una estructura ofrezca seguridad debe contar con unas fundaciones adecuada, aunque pasa inadvertida por los usuarios de la estructura, sus elementos básicos y el estudio de sus partes exige al Ingeniero destreza y criterio del que normalmente necesita. La construcción de una cimentación es el trabajo más difícil a realizar en la Obra.

En la presente investigación se plantea un manual con una serie de pasos para realizar el cálculo de fundaciones superficiales ya que existe un aparente vacío de conocimientos en los estudiantes, en los jóvenes profesionales de la ingeniería y de la arquitectura en materia de cálculo y diseño de fundaciones directas concéntricas, para elementos estructurales con pilas que tengan una diagramación de carga entre 70 y 150 toneladas, para edificaciones entre 1 y 3 niveles.

Se realizó toda una serie de nomogramas los cuales van a permitir a todos estos noveles estudiantes y profesionales de la ingeniería, realizar el diseño y calculo estructural de fundaciones del tipo concéntricas directas de manera rápida y segura, acorde a teorías conocidas de diferentes autores, a partir de gráficos y nomogramas también conocidos como ábacos lo cual de una manera muy sencilla establece la fundación requerida acorde a la carga o sollicitación recibida por la fundación tipo.

Para descripción del trabajo de investigación, se presentan en cuanto a contenido parciales a continuación:

Se definieron las variables y parámetros usados en el diseño de fundaciones superficiales con información recopilada durante la investigación.

De esta manera, se diseñaron gráficos y nomogramas para el cálculo de un sistema de fundaciones superficiales de acuerdo a la norma de construcción, para finalmente presentar el manual para el cálculo de fundaciones superficiales en edificaciones a través de gráficos y nomogramas.

En este proyecto de grado, se desarrollan cuatro capítulos a continuación:

Capítulo I: El Problema, así como luego la formulación interrogante, objetivos, la justificación de la investigación y finalmente el alcance del proyecto.

Capítulo II: Marco Teórico, los antecedentes, bases teórico-legales y definición de términos básicos.

Capítulo III: Marco Metodológico, donde se definen el tipo, nivel y diseño de la investigación, los elementos relativos a métodos y procedimientos empleados para realizar la investigación.

Capítulo IV: Resultados, donde se realizó un diagnóstico de la situación actual de egresados de Ingeniería Civil de competencia en el área de fundaciones superficiales, bases teóricas en área y finalmente se diseñó un manual de fundaciones superficiales mediante gráficos y nomogramas.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema.

Se entiende por fundación o cimentación a la parte de la estructura que se apoya sobre el terreno, que debe satisfacer la función estática de soportar el peso de las edificaciones en condiciones desfavorables de carga y repartirlos sobre el terreno en la profundidad necesaria. Por otra parte, se sabe que las estructuras garantizan seguridad, por lo tanto, deben cumplir con las normas respectivas de diseño y construcción determinadas por cada país, el cual debe llevar infraestructura adecuada, siendo el diseño de este uno de los aspectos más importantes de un proyecto de Ingeniería Civil. Se debe elegir el sistema de fundaciones que mejor se adapte a las condiciones del terreno y condiciones de carga del proyecto, para así lograr un comportamiento adecuado en toda la estructura.

Cada edificación demanda la necesidad de resolver un problema de fundación, en la práctica se encuentra fundaciones superficiales o fundaciones profundas con marcadas diferencias en cuanto a su geometría, al comportamiento del suelo, su funcionalidad estructural y a sus sistemas constructivos. Una fundación superficial es un elemento estructural cuya sección transversal es de dimensiones grandes con respecto a la altura y cuya función es transmitir las cargas de una estructura a profundidades relativamente cortas, menores de 4 m aproximadamente con respecto al nivel de la superficie natural de un terreno o de un sótano.

La fundación superficial se caracteriza por transmitir en forma directa las cargas provenientes de la estructura al terreno de fundación.

Existe una gran variedad en este tipo de sistemas, elegir la más apropiada está vinculada con diversos factores cómo el estudio realizado al suelo, factibilidad constructiva, las cargas de la estructura, condiciones de soporte del suelo de fundación y el factor de costo. Al momento de diseñar fundaciones superficiales es necesario conocer cada detalle del proyecto, como son los estudios geotécnicos del sitio hasta el diseño estructural que soportara dicha cimentación. Se pretende dividir el diseño de la fundación en dos etapas fundamentales como el diseño geotécnico y el diseño estructural, el cual se debe cumplir en cada etapa para el sistema de dichas fundaciones.

En la actualidad, existe una gran variedad de material bibliográfico en el área de diseño de fundaciones superficiales, pero estas cuentan con un lenguaje muy técnico que hace que sea de difícil comprensión al momento de estudiarla. Cabe destacar, que los estudiantes de pregrado del último semestre y los niveles profesionales de ingeniería civil no están obteniendo la información adecuada, veraz y precisa en el momento de realizar el estudio de las cimentaciones.

Según lo anterior, no existe un manual que facilite al egresado de Ingeniería Civil, el cálculo de fundaciones superficiales para edificaciones con la utilización de gráficos y nomogramas. Se puede puntualizar que el objeto de estudio de esta investigación es la elaboración de un manual que permita la simplificación a una gran cantidad de cálculos, de manera que podrán realizarse en un menor tiempo. Se desea proporcionar a los noveles profesionales en el área, una alternativa que le permita realizar el proceso de diseño de fundaciones superficiales mediante un manual práctico y de esta manera poder reforzar sus conocimientos y fortalecer sus competencias como Ingeniero.

1.2 Formulación del Problema.

¿Cómo mejorar las competencias del egresado de ingeniería civil para construcción de fundaciones superficiales?

1.3 Objetivos de la Investigación.

1.3.1. Objetivo General.

Proponer un Manual que permita optimizar el proceso de cálculo para fundaciones superficiales de tipo zapatas concéntrica.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Ü Diagnosticar la situación actual de egresados de Ingeniería Civil de competencia en el área de fundaciones superficiales.
- Ü Analizar las bases teóricas en área de fundaciones superficiales.
- Ü Diseñar un manual de fundaciones superficiales mediante gráficos y nomogramas.

1.4. Justificación.

A través de esta investigación se ayudará de forma favorable a los egresados como Ingenieros civiles y estudiantes que deseen ampliar sus conocimientos en la materia, así como a aquellas que deseen iniciarse en el estudio de la misma. Para el diseño de una infraestructura de tipo fundación superficial es importante que la misma cuente con los correspondientes diseños debido a que esta debe soportar las cargas provenientes de la estructura, de tal forma que brinde seguridad y evite deformaciones excesivas.

Dicho proyecto se realizó con el fin de cubrir todos los conceptos básicos y pasos específicos necesario para el diseño geotécnico y estructural de fundaciones superficiales de tipo zapata, presentando una guía con un lenguaje adecuado para los ingenieros civiles; es un instrumento didáctico y practico que contiene temas adaptables para la modelación y diseño de este tipo de

fundación, que optimizan el proceso de cálculo de fundaciones superficiales de la carrera de Ingeniería civil.

1.5. Alcance.

De acuerdo a la investigación se desarrolló el diseño geotécnico y estructural de zapatas del tipo concéntricas partiendo de una información teórica recopilada y de una información geotécnica suministrada para lograr el cálculo de fundaciones superficiales a través de los gráficos y nomogramas.

Este proyecto está orientado a servir como manual de cálculo para los profesionales egresados en el área de Ingeniería Civil y como apoyo para estudiantes cursantes de su último semestre, al momento de realizar trabajos en campo para la ejecución de un proyecto de vivienda.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo, están planteados los antecedentes al presente trabajo de grado, los cuales aportan gran información relacionada a los estudios que se realizaron. Por consiguiente, se desarrollaron los fundamentos teóricos de los cuales está basada la investigación, cuya información y base de datos fueron tomadas de diferentes autores.

2.1 Antecedentes de la investigación

A continuación, se citan (4) investigaciones, los cuales constituyen antecedentes bibliográficos respecto al tema estudio, que servirán para orientar la realización del presente trabajo.

Moreno, Y; Gómez, A. (2015) presentan en su trabajo de grado titulado **“Elaborar un manual de estudio para el diseño de fundaciones Superficiales de tipo zapata aislada que sirva como material de apoyo a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil.”** elaborada en la Universidad José Antonio Páez, Valencia, Venezuela; cuyo objetivo general es Elaborar un manual de estudio para el diseño de fundaciones superficiales de tipo zapata aislada que sirva como apoyo a los estudiantes de la carrera de ingeniería civil, con el fin de cubrir todos los conceptos básicos y pasos específicos necesarios para el diseño geotécnico y estructural de cimentaciones superficiales a través de una guía didáctica. Dicha investigación aporta a este trabajo de grado a la orientación de solución de problemas de cimentaciones y a la elaboración de manuales, así como también aporta en el marco conceptual para el entendimiento de dicho proyecto.

Otra investigación importante relacionada al estudio que se realiza es el de Ramírez A; Lugo J. (2017) presento en su 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 Ingeniería Civil ”**; desarrollada en la Universidad José Antonio Páez, Valencia, Venezuela, presentó un estudio de fundaciones superficiales corridas con su diseño geotécnico y estructural, brinda a la presente investigación una orientación para establecer un marco conceptual que ofrezca criterios sobre los diseños utilizados en este trabajo de grado y ayuda con las herramientas necesarias para comprender los procesos, siendo su objetivo específico N° 2 “Desarrollar el diseño geotécnico de las fundaciones mediante información destacada”

Así mismo, Pérez R. Adriana A. (2018) expone en su trabajo de grado titulado **“Construcción de gráficas, nomogramas y flujogramas para el diseño de miembros de Concreto Reforzado solicitados a flexión y corte conforme a Normas Nacionales e Internacionales.”** Elaborado en la Universidad José Antonio Páez, Valencia, Venezuela. Siendo su objetivo general Construir gráficas, nomogramas y flujogramas para diseñar miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006. Finalmente, la misma apporto a la presente investigación, aspectos teóricos relevantes para conceptualizar el desarrollo de gráficos y, nomogramas; para el mejor entendimiento de los conceptos de diseño y calculo estructural que se exponen en la presente investigación.

Por último, Farina H; Huapaya O. (2019) quien presenta su trabajo de investigación titulado **“Formulación De Cimentación Superficial Para Un Centro Comercial De 3 Pisos En Una Zona Con Suelos Licuables En La Encantada – Chorrillos.”** En la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Chorrillos, Perú. La presente tesis tiene como principal objetivo proponer una

cimentación superficial para un Centro Comercial de tres pisos para suelos licuables, detallando los tipos de falla que ocurren dependiendo de las condiciones del suelo y la cimentación para posteriormente presentar los estudios 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 de manera práctica 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

Los fundamentos teóricos que se presentan a continuación, proporcionan conocimientos necesarios involucrados en la temática de estudio, enfoque y objetivos de la misma.

2.2.1 Suelos para Fundaciones

Según lo establece 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.

2.2.1.1 Características 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 exuda 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).

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.

Fratelli María (1993), establece tabla de propiedades mecánicas y sus respectivas características de los suelos, donde puede obtener datos del peso específico del suelo y la capacidad portante. (Ver figura 1)

- 1) Cuando la roca presenta estratificación inclinada o desfavorable, se debe adoptar una capacidad portante del 50% de las cifras dadas.
- 2) En el caso en que el nivel freático diste de la superficie de apoyo en la base

de los suelos y su comportamiento ante las modificaciones que supone la aplicación de nuevas cargas.

Por lo tanto, es necesario conocer ciertas propiedades del suelo que son determinadas mediante muestreo y pruebas de laboratorio:

- ü **Ángulo de fricción interno (ϕ)**: resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre las superficies de contacto de las partículas y de su densidad.
- ü **Cohesión (C)**: es la cualidad por el cual las partículas del terreno se mantienen unidas en virtud de fuerzas internas que dependen, entre otras cosas, del número de puntos de contacto que cada partícula tiene con sus vecinas. En consecuencia, la cohesión es mayor cuanto más finas son las partículas del terreno.
- ü **Módulo de Young (E)**: es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplicó una fuerza, puede encontrarse empíricamente con base al ensayo de tracción del material.
- ü **Coefficiente de Poisson (μ)**: es un parámetro característico de cada material que indica la relación entre las deformaciones longitudinales que sufre el material en sentido perpendicular a la fuerza aplicada, y las deformaciones longitudinales en dirección a la fuerza aplicada sobre el mismo.
- ü **Peso específico (γ)** es la relación entre el peso de una sustancia y su volumen.

PESO ESPECIFICO Y CAPACIDAD PORTANTE			
CLASE DE SUELO	PESO ESPECIFICO (Kg/m3)	CAPACIDAD PORTANTE adm) (Kg/cm2)	
		SUELO SECO	SUELO SATURADO
Roca dura, estratificada, sana y compacta	2.800 a 3.000	60 a 100	-
Roca no estratificada, con algunas fisuras	2.700	40 a 50	-
Rocas estratificadas	2.600	25 a 30	-
Piedra caliza compacta	2.500	10 a 20	-
Piedra caliza porosa	2.000	8 a 10	-
Exquisitos o roca blanda	1.800 a 2.000	8	-
Grava con arena compacta	2.000	5 a 8	2 a 4
Arena gruesa firme y con algo de humedad	1.900 a 2.000	4 a 6	2
Arena gruesa seca	1.800	3 a 5	-
Arena fina húmeda	1.750	2 a 5	1 a 2
Arena fina seca	1.700	1 a 2	-
Arena arcillosa mediana y densa	1.900	2 a 3	0,5 a 1
Arena arcillosa seca y suelta	1.700	1 a 2	-
Arcilla dura compacta	1.800	4	-
Arcilla muy firme	1.800	2 a 3	-
Arcilla semidura	1.750	1 a 2	-
Arcilla mediana	1.700	0,5 a 1	-
Arcilla blanda	1.700	< a 0,5	-
Limos	1.700	< a 0,4	-
Fango, lodo o tuba inorgánica	900	-	-
Suelos orgánicos	1.600	-	-
Tierra vegetal seca	1.700	-	-
Rellenos sin consolidar	1.700	-	-

Figura 1. Propiedades Mecánicas y Características de los Suelos
Fuente: María Fratelli, 1993

2.2.2 Fundaciones

Las fundaciones es la parte de la estructura, generalmente enterrada, que se encarga de transmitir las cargas al terreno y capaz de soportar las cargas generadas por dichas estructuras.

2.2.2.1 Fundaciones Superficiales

La Fundación superficial es un elemento estructural cuya sección transversal es de dimensiones grandes con respecto a la altura y cuya función es trasladar las cargas de una edificación a profundidades relativamente cortas, menores de 4 m aproximadamente con respecto al nivel de la superficie natural de un terreno o de un sótano.

Las fundaciones superficiales pueden ser de varios tipos, según su función: zapata aislada, zapata combinada, zapata corrida o losa de cimentación.

En las estructuras, una zapata aislada, puede ser concéntrica, medianera o esquinera se caracteriza por soportar y trasladar al suelo la carga de un apoyo individual; una zapata combinada por soportar y trasladar al suelo la carga de varios apoyos y una losa de cimentación o placa por sostener y transferir al suelo la carga de todos los apoyos.

Las zapatas individuales se plantean como solución en casos sencillos, en suelos de poca compresibilidad, suelos duros, con cargas de la estructura moderadas: edificios hasta de 7 pisos. Con el fin de darle rigidez lateral al sistema de cimentación, las zapatas aisladas siempre deben interconectarse en ambos sentidos por medio de vigas de amarre.

Las zapatas combinadas se plantean en casos intermedios, esto es, suelos de mediana compresibilidad y cargas no muy altas. Con esta solución se busca una reducción de esfuerzos, dándole cierta rigidez a la estructura, de modo que se restrinjan algunos movimientos relativos.

La losa de cimentación por lo general ocupa toda el área de la edificación. Mediante esta solución se disminuyen los esfuerzos en el suelo y se minimizan los asentamientos diferenciales.

2.2.3 Diseño de Fundaciones Superficiales:

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

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

2.2.3.1 Capacidad de carga última:

De acuerdo con 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.

Û Tipos de fallas por capacidad de carga última:

Se presentan 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).

ü **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 zapa 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 saturada si la carga es aplicada tan rápidamente que prevalece condición no drenada (condición=0). (Ver Figura 2).

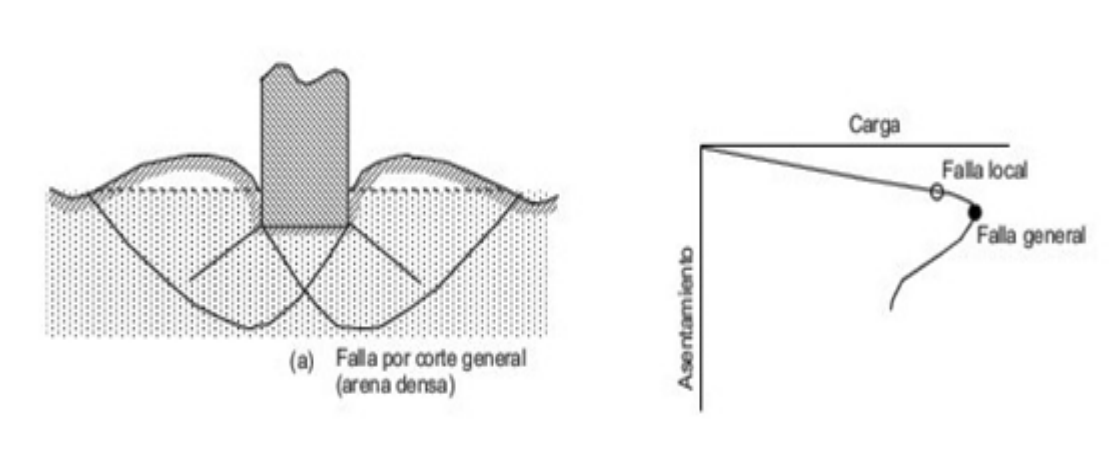


Figura 2: Falla General por corte.

Fuente: Edgar Febres, 1992

ü **Falla local por corte:**

El patrón de falla solo está bien definido de bajo de la zapata cuando se produce una falla local (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 3)

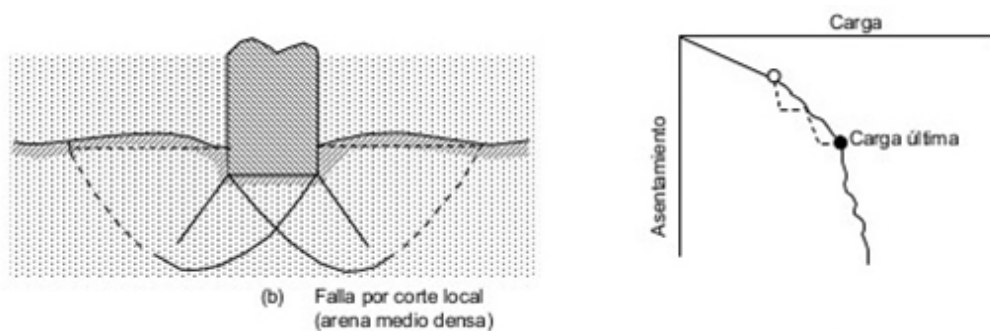


Figura 3: Falla local por corte.

Fuente: Edgar Febres, 1992

Ü Falla por punzonado:

En este caso no es fácil de observar el patrón de falla, 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.

Para 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 4.)

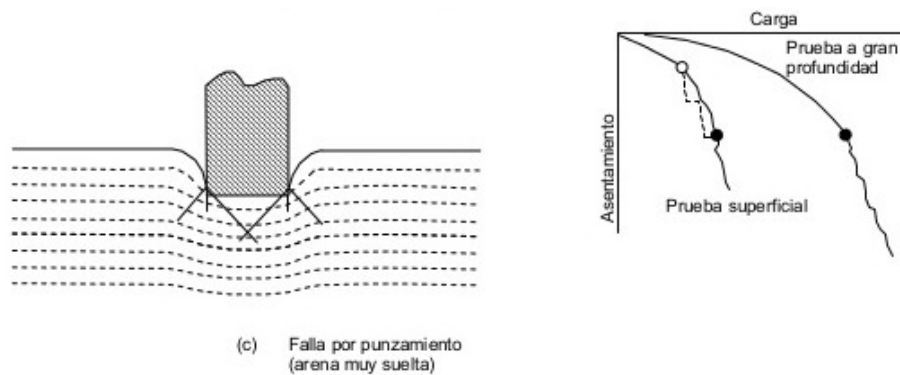


Figura 4: Falla por punzonado.
Fuente: Edgar Febres, 1992

Ecuación General de la capacidad de carga:

Teniendo en cuenta a Febres (1992), existe un conjunto 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.

Así mismo, 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)

- **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)

= factores de forma

= factores de profundidad

= factores por inclinación de la carga

= 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 ϕ_{cr} . Si se acepta el cambio, a los valores ϕ_{cr} para un ángulo de fricción del suelo cambiarán también

para λ pueden obtenerse como: $\lambda = 45 + \lambda$ las relaciones

$$- \quad (Ec.2)$$

$$(Ec.3)$$

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

La figura 5. Muestra la variación de los factores de capacidad de carga anteriores con los ángulos de fricción del suelo.

Factores de forma, profundidad e inclinación:

Cuando el nivel freático esté en o cerca de la cimentación, los factores q ados en la ecuación general de capacidad de carga, tendrán que modificarse. Para condiciones de carga no drenadas ($\text{concepto}=0$). En suelos arcillosos, la ecuación general de capacidad de carga de apoyo, toma la forma (carga vertical).

$$(Ec.5)$$

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					

Figura 5: Factores de capacidad de carga para la teoría de Meyerhof
Fuente: Braja Das 2012

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:

$$- \quad (Ec.6)$$

Donde = 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:

$$- \quad - \quad ; (Ec.7) \quad Y \quad - \quad - \quad ; (Ec.8)$$

Donde Q = carga vertical total

M =momento sobre la cimentación. La figura 6 muestra un sistema de fuerza equivalente. La distancia e, es la excentricidad, o

$$- \quad Ec.9$$

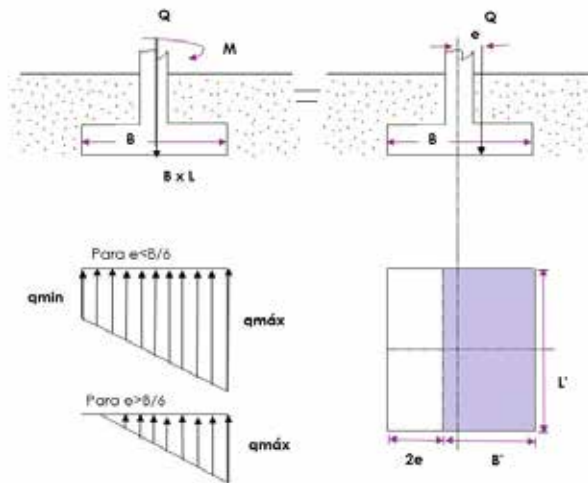


Figura 6. Cimentaciones cargadas excéntricamente
Fuente: Braja Das, 19995

Sustituyendo:

$$\text{---} \quad \text{---} \quad ; \text{ (Ec.10) } Y \quad \text{---} \quad \text{---}$$

Note que, en esas ecuaciones, cuando la excentricidad, e , toma el valor $B/6$ es cero. Para $e > B/6$, 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 es entonces;

$$\text{---}; \text{ (Ec.12)}$$

La distribución exacta de la presión es dificultosa 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:

$$- \quad ; \text{(Ec.13)}$$

La carga última total que la cimentación puede soportar es

$$\text{—————} ; \text{(Ec.14)}$$

Donde A' = área efectiva.

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

$$\text{—} ; \text{(Ec.15)}$$

3) Verifique el factor de seguridad respecto a , o —.

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 6, 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 y a un momento M como muestra la figura 7. Para este caso, las componentes del Q respecto a los ejes “ x ” y “ y ” se determinan como Q_x y Q_y respectivamente (figura 7). Esta condición es equivalente a una carga colocada excéntricamente sobre la cimentación con e_x y e_y (ver figura 8). Note que:

$$Q_x = \frac{M_y}{e_y} \quad ; \quad Q_y = \frac{M_x}{e_x}$$

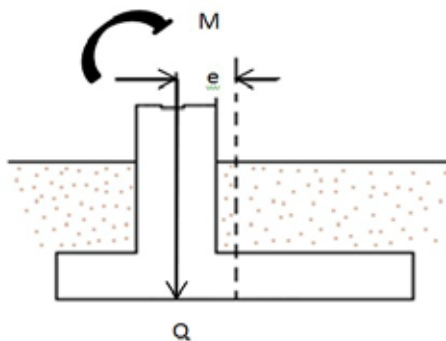


Figura 7. Cimentación de columnas con carga excéntrica.

Fuente: Braja Das (1999)

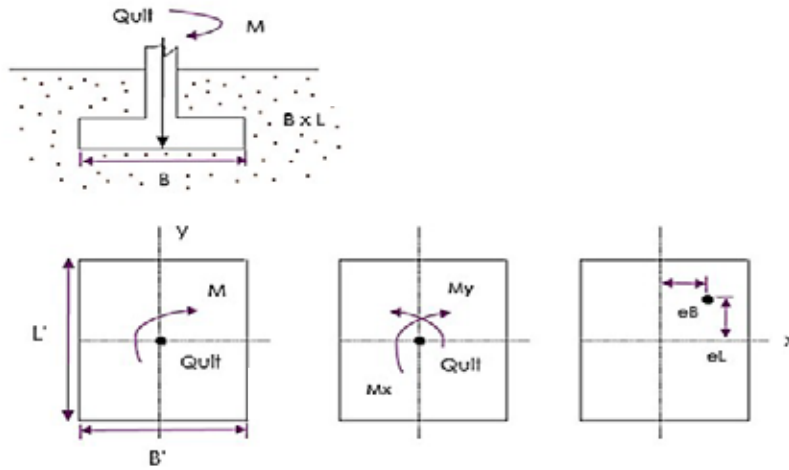


Figura 8. Análisis de una cimentación con excentricidad en dos direcciones
Fuente: Braja Das, 2012

Si se requiere σ_{max} , esta puede obtenerse como sigue:

Donde la ecuación:

$$\sigma_{max} = \frac{Q}{A'} \left[1 + \frac{6e_x}{B'} \left(\frac{M_y}{Q} \right) + \frac{6e_y}{L'} \left(\frac{M_x}{Q} \right) \right] \quad (Ec 18)$$

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 (Hightler y Anders, 1985).

Caso I:

— — — — El área efectiva para esta condición se muestra en la figura 9.

$$A' = B'L' \quad (Ec.19)$$

Dónde: σ_{max} —) σ_{min} —) (Ec.20)

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

$$(Ec.21)$$

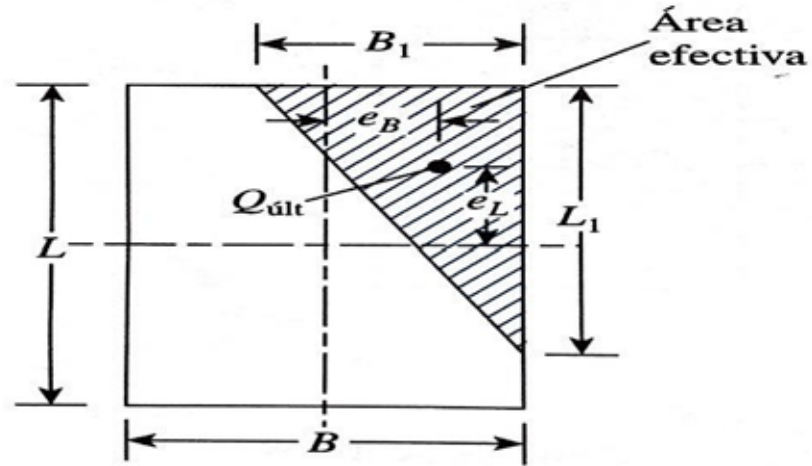


Figura 9. Área efectiva para el **caso I:** - - - -

Fuente: Braja Das, 2012

Caso II:

- - El área efectiva para este caso se muestra en la figura 10a.

$$(Ec.22)$$

Las magnitudes de B' pueden determinarse de la figura 8(b) el ancho efectivo es:

$$(Ec.23)$$

El largo efectivo es:

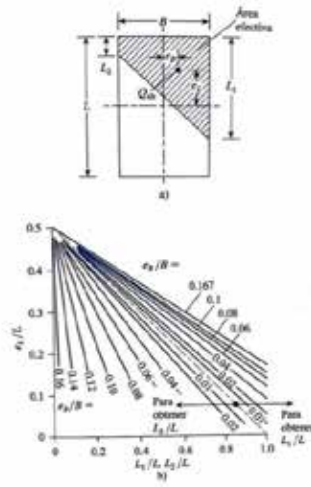


Figura 10. Área efectiva para el caso II: — — —
Fuente: Braja Das, 2012

Caso III:

— - — El area efectiva para este caso se muestra en la figura 11(a).

— (Ec.24)

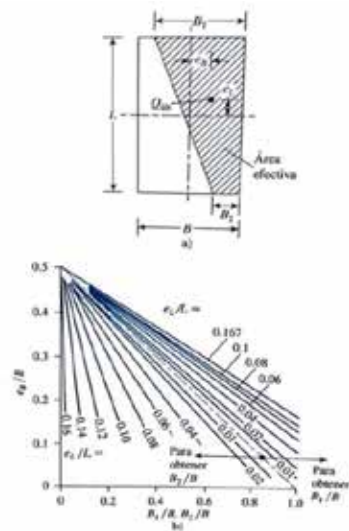


Figura 11. Área efectiva para el caso III: — - —
Fuente: Braja Das, 2012

Caso IV:

— — — — La figura 12 muestra el área efectiva para este caso, la razón ϵ_B/B , y por tanto B_2/B pueden determinarse usando las curvas — que se inclinan hacia arriba. Similarmente, la razón ϵ_L/L , y por tanto L_2/L se determinan usando las curvas — que se inclinan hacia abajo, el área efectiva es entonces:

$$A_e = B_2 L_2 \quad (\text{Ec. 25})$$

El ancho efectivo es: —

El largo efectivo es igual a

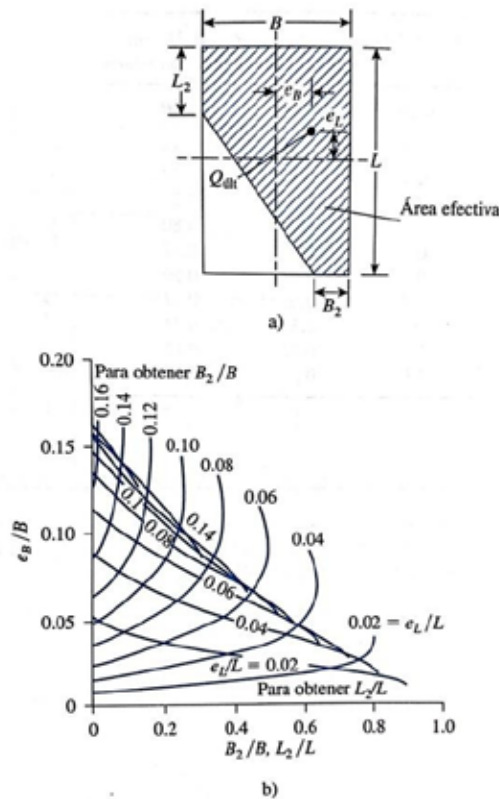


Figura 12. Área efectiva para el caso IV: — — — —
Fuente: Braja Das, 2012

2.2.3.2 Asentamiento.

El asentamiento elástico de una cimentación superficial se estima usando la teoría de la elasticidad (figura 13). Con referencia a la figura y aplicando la ley de Hooke,

$$— \quad (Ec.26)$$

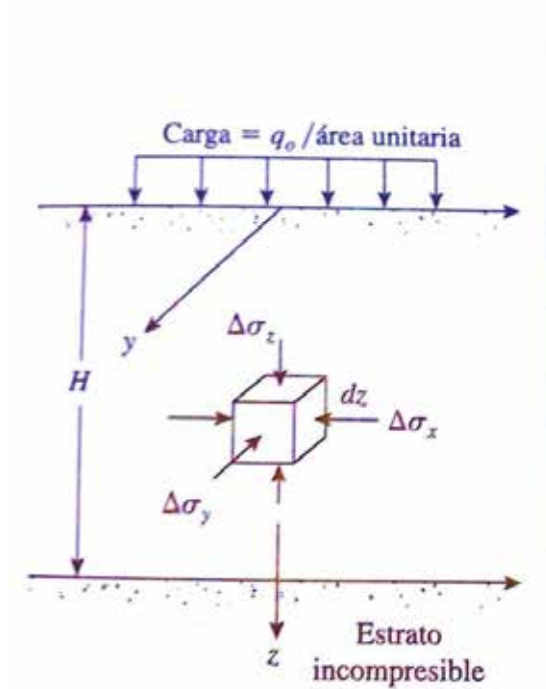


Figura 13. Asentamiento elástico de fundación superficial.

Fuente: Braja Das, 1999.

Donde s = asentamiento elástico

E = módulo de elasticidad del suelo

H = espesor del estrato del suelo

ν = relación de Poisson del suelo

$\Delta\sigma_x, \Delta\sigma_y, \Delta\sigma_z$ = 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

$$\text{--- (Ec.27)}$$

Donde = factor de influencia de la deformación unitaria.

= Un factor de corrección para la profundidad del empotramiento de la cimentación .

= Un factor de corrección para tomar en cuenta el flujo plástico en el suelo .

= un esfuerzo a nivel de cimentación.

Asentamiento por consolidación

Como se mencionó antes, el asentamiento por consolidación (figura 14) 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:

$$\text{(Ec.28)}$$

Dónde:

= deformación unitaria vertical= —

= cambio de relación de vacíos=

Entonces

$$\text{--- (Para arcillas normalmente consolidadas) (Ec.29)}$$

————— (Para arcillas pre consolidadas con)

(Ec.30)

————— (Para arcillas pre consolidadas con

) (Ec.31)

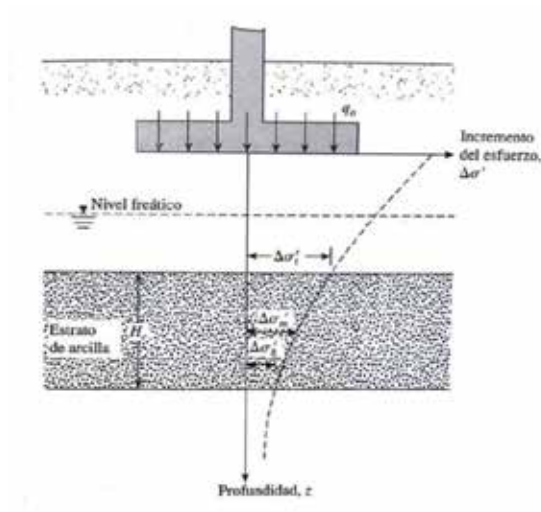


Figura. 14. Asentamiento por consolidación.

Fuente: Braja Das, 1999

Donde

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

= Incremento promedio de la presión sobre el estrato de arcilla causada por la construcción de la cimentación

Presión de pre consolidación

Relación de vacíos inicial del estrato de arcilla

Índice de compresión

Índice de re compresión

Índice de expansibilidad

Espesor de la capa de arcilla

2.2.4. Calculo Estructural de Fundaciones Superficiales

Las fundaciones directas se materializan en concreto armado, y por excepción en concreto sin armar. Las fundaciones aisladas resultan del ensanchamiento del extremo inferior de las columnas o pedestal en el plano de apoyo sobre el suelo, de modo de disminuir la magnitud de las presiones de contacto con este y asegurar la estabilidad de la estructura.

Fratelli (1993). Para las fundaciones, de forma análoga a los restantes elementos estructurales de concreto armado, se dimensionarán para las cargas actuantes mayoradas y para las resistencias minorada según se especifica.

Factores de mayoración de cargas

Dicha resistencia requerida se obtiene de multiplicar las cargas de servicio por los factores de mayoración, teniendo en cuenta:

- Ü La incertidumbre acerca de la magnitud de las cargas supuestas en el diseño.
- Ü La inseguridad de la exactitud de las hipótesis simplificativas y las ecuaciones del análisis estructural.
- Ü Los errores de cálculo.

Son afectadas todas las cargas involucradas en el diseño por los factores correspondientes de mayoración y de las posibles combinaciones, tomando la más desfavorable para regir el análisis

$U = 1,4 CP + 1,7 CV$
$U = 0,75 (1,4 CP + 1,7 CV) + 1.0 S$ *
$U = 0,9 CP + 1.0 S$ **
$U = 0,75 (1,4 CP + 1,7 CV + 1,7 W)$
$U = 0,9 CP + 1,3 W$
$U = 1,4 CP + 1,7 CV + 1,7 H$
$U = 0,9 CP + 1,7 H$
$U = 1,4 CP + 1,7 CV + 1,4 F$
$U = 0,9 CP + 1,4 F$
$U = 1,4 CP + 1,7 CV$
$U = 0,75 (1,4 CP + 1,4 T + 1,7 CV)$
$U = 1,4 (CP + T)$

Figura 15. Combinaciones de solicitaciones
Fuente: Fratelli, 1993

Factores de Minoración de Resistencia

Para los factores de minoración de resistencia se debe tomar en cuenta:

- ü La ductilidad de la estructura
- ü La importancia del miembro en la estructura
- ü La variación en la calidad y resistencia de los materiales empleados, o la falta de exactitud en las dimensiones de los miembros, defectos de vaciado, etc.

Tener en cuenta que la resistencia de diseño de un elemento estructural se calcula multiplicando la resistencia nominal por el correspondiente factor de minoración $\phi < 1$, según se muestra a continuación.

El Factor de seguridad FS resulta:

— (Ec 32)

Siendo FM el factor mayorante de cargas mencionado.

ACCIÓN	Ø
En flexión sin carga axial	0,90
Tracción axial y flexotracción	0,90
Compresión axial y flexocompresion:	
Miembros zunchados	0,75
Miembros con estribos o ligaduras	0,70
Corte y Torsión	0,85
Aplastamiento del Concreto	0,70

Figura 16 Factor de Minoración

Fuente: María Fratelli, 1993

Bases Aisladas

Se tiene que para fundaciones de concreto armado de columnas aisladas son generalmente de forma cuadrada o rectangular, y consiste en una placa o losa armada según dos direcciones ortogonales, que se apoya directamente sobre el suelo de fundación. Se le conocen también como zapatas.

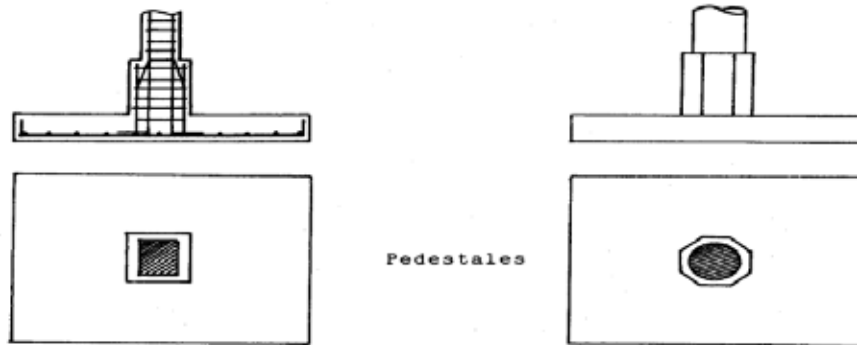
Pedestales

Son ensanchamientos de la parte inferior de las columnas, que permiten incrementar el área de contacto de estas con la base, transmitiendo las cargas axiales y los momentos flectores a la fundación o a las vigas de riostra.

Los pedestales pueden tener una sección transversal diferente a la de las columnas, pero se rige que ambas sean concéntricas. Algunas funciones que cumplen son:

- Û Transmitir más uniformemente las cargas de las columnas a las zapatas.
- Û Disminuir las magnitudes de los momentos flectores y fuerzas cortantes en las bases, producidas por la reacción del suelo.
- Û Dar una mayor estabilidad al conjunto de las fundaciones.

Según las necesidades de cada proyecto la altura de cada pedestal es



variable, generalmente se halla entre 1m y 1,5m.

Figura 17. Pedestal cuadrado y circular

Fuente: (Fratelli María 1993)

Bases aisladas Cuadradas

Teniendo en cuenta a Fratelli (1993), plantea que cuando una columna transmite a la base, solo cargas centradas, coincidentes con el baricentro de la base, y cuando el área en planta lo permite, se deben diseñar bases cuadradas, que son las que ofrecen el mejor comportamiento estructural y la mayor economía.

Área necesaria en planta se obtiene por medio de:

$$\text{--- (Ec 33) y el lado de la base} \quad \text{--- (Ec. 34)}$$

B debe ser redondeado por exceso, en cm, y ser múltiplo de 5

En función de la profundidad H y por medio de la tabla puede tener valores aproximados de .

Profundidad H de apoyo de la Fundación	
	1,15
	1,2
	1,3

Figura 18 Profundidad H

Fuente: María Fratelli, 1993

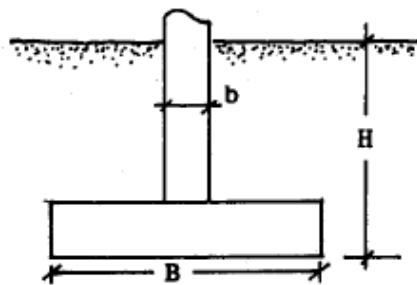


Figura 19. Zapata de base aislada cuadrada

Fuente: Fratelli, 1993

Se mayoran las cargas y se selecciona la combinación más desfavorable según el tipo de cargas actuantes.

De las cargas mayoradas P_u se obtiene el valor de la reacción ficticia del suelo

$$— (Ec 35)$$

= presión que actúa de abajo hacia arriba en la base, en el plano de contacto de ésta con el suelo de fundación, dando lugar a la flexión y corte mayoradas los cuales definen el diseño de la zapata.

Como es una magnitud no real de reacciones del suelo, que permiten crear las mismas condiciones de sollicitaciones en las bases, que las que originan las cargas mayoradas en un miembro estructural de concreto, que se diseña en resistencia límite. En bases que soportan columnas o pedestales de concreto.

Para el caso de columnas cuadradas, el M_u se obtiene:

$$— (Ec 36)$$

Mientras tanto el esfuerzo de corte máximo se halla

$$(Ec 37)$$

La integral representa el volumen de esfuerzos debidos a la reacción del suelo que produce corte en una sección, por lo tanto:

$$(Ec 38)$$

Las bases no se arman a corte (Solo en casos de excepción cuando se debe limitar la altura), por lo tanto, el corte mayorado V_u solo es resistido por el concreto.

$$\text{---} \quad \text{---} \quad (Ec39)$$

Para un $\lambda = 0,85$

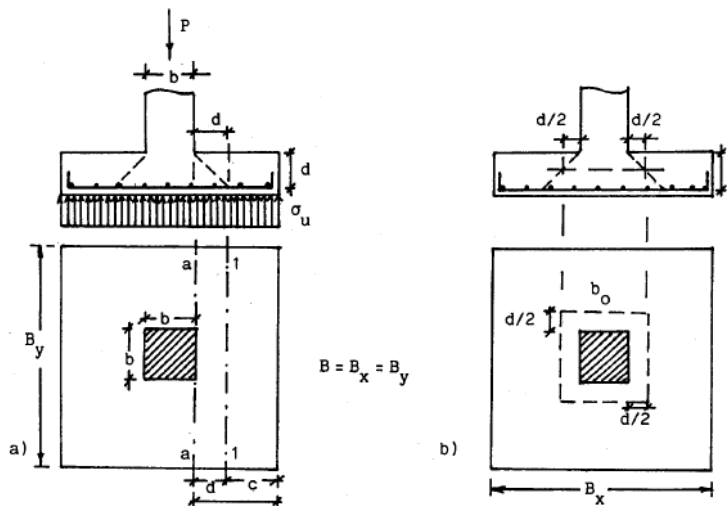


Figura 8.6

Figura 20 base cuadrada

Fuente: Fratelli, 1993

Tomando en cuenta que la altura útil debe cumplir la condición:

$$\text{---} \quad (Ec 40)$$

Para obtener una base que sea resistente al corte simple. Además, debe ser verificada a punzonado, que resulta del efecto punzante de la columna o el pedestal sobre la zapata, en el área de perímetro crítico a distancia de $d/2$ alrededor del área cargada.

Fuerza mayorada de corte por punzonado V_u es:

$$\text{(Ec 41)}$$

Se representa el volumen de esfuerzo bajo el área de punzonado, encerrada en el perímetro u , que para el caso de columnas cuadradas es

$$\text{(Ec42)}$$

Por lo tanto, se puede escribir:

$$\text{(Ec 43)}$$

Para que los esfuerzos de punzonamiento sean resistidos únicamente por el concreto, se debe cumplir

$$\frac{V_u}{b_o d} \leq \phi V_c \quad \text{(Ec 44)} \quad \text{para un } \phi = 0,85$$

Por lo que la altura mínima será:

$$d \geq \frac{V_u}{\phi V_c b_o} \quad \text{(Ec 45)}$$

Dependiendo de b_o y la fuerza cortante por punzonado de la altura útil d , por lo que el resultado se obtiene por tanteos.

También se puede definir la altura útil por flexión, a través de la ecuación:

$$d = \frac{M_u}{\phi R_n} \quad \text{(Ec 46)}$$

Respetando la condición de ductilidad de la sección y luego aumentar el valor de d para que cumplan los requisitos de resistencia al corte simple y por punzonado según la Ecuación 40 y 45 en bases aisladas. Generalmente es el punzonado es el que controla el diseño.

Se deben verificar los esfuerzos por aplastamiento en el plano de contacto entre la columna y la zapata.

El acero por flexión se calcula

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y d} \quad \text{(Ec 47)}$$

Las normas de espaciamiento de las barras exigen que, en las bases, la separación del acero principal no sea mayor a 35 cm ni a dos veces el espesor de la placa de base. A pesar de que, en la práctica, no se aconseja separar las barras de la armadura de más de 25 cm ni menos de 10cm para la facilidad de la construcción.

Usualmente se usa: (Ver figura 21)

4	Barras por metro	Separación	25cm
5	Barras por metro	Separación	20cm
8	Barras por metro	Separación	12,5cm
10	Barras por metro	Separación	10cm

Figura 21 Cantidad de barras y separación

Fuente: Fratelli, 1993

Para una inspección más fácil en obra. Las bases cuadradas se arman en dos direcciones ortogonales, paralelas a los lados y las bases se distribuyen uniformemente en todo el ancho de la base.

2.3 Bases Legales y Normativa

Según Villafranca D. (2002) Las bases legales no son más que leyes que sustentan de forma legal el desarrollo del proyecto. Plantea que las bases legales “son leyes, reglamentos y normas necesarias en algunas investigaciones cuyo tema así lo amerite”.

Para el diseño Estructural y revisión de fundaciones directas de concreto reforzado se realiza de acuerdo a lo establecido en la norma venezolana COVENIN.

- Ü Norma COVENIN 1756-2001 Edificaciones sismo resistentes, requisitos y cometarios, aprobada el día 25 de Julio de 2001 posteriormente publicada en Gaceta Oficial. Dicha Norma COVENIN 1756, es aplicable exclusivamente al diseño de estructuras de concreto armado y aceros de refuerzo, nuevos o existentes.
- Ü Norma COVENIN 1753-2006 Proyecto y construcción de obras en concreto estructural, publicada en Gaceta Oficial en agosto de 2006. Dicha norma establece los requisitos para el proyecto y ejecución de edificaciones de concreto reforzado que se proyecten o construyan en el territorio nacional. Se aplica para todos los aspectos referentes al proyecto.

2.4 Definición de términos.

- Ü Es la resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre las superficies de contacto de las partículas y de su densidad.
- Ü **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.
- Ü **Capacidad de carga admisible:** Es la capacidad del suelo para soportar una carga sin que se produzcan fallas dentro de su masa.
- Ü **Capacidad de carga última:** Es la capacidad que tiene el suelo de soportar la carga que le producirá una falla incipiente.
- Ü **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.
- Ü **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.

- Û **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.
- Û **Nomograma:** Es un instrumento gráfico de cálculo, un diagrama bidimensional que permite el cómputo gráfico y aproximado de una función de cualquier número de variables.
- Û **Edificación.** Es una estructura que posee diafragmas, que compatibilizan los desplazamientos horizontales de los miembros que llegan a ese nivel

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Hurtado (2006), refiere al respecto "que, en el campo de la investigación, la metodología incluye el estudio de los métodos, las técnicas, las tácticas, las

estrategias y los procedimientos que el investigador utiliza para alcanzar los objetivos del trabajo"

3.1 Tipo de la Investigación

El presente capítulo tiene como objetivo explicar de forma detallada los pasos en los cuales se obtuvo, clasificó, comprendió y organizó la información necesaria para llevar a cabo las soluciones factibles al problema caso estudio, y así poder cumplir con el objetivo general y los específicos.

El tipo de investigación, es decir la clasificación de la misma, se refiere a la clase de estudio que se va a realizar. Orienta sobre la finalidad general del estudio y sobre la manera de recoger las informaciones o datos necesarios. Arias (2006).

La presente investigación se puede clasificar de la siguiente manera:

Es una investigación del tipo de proyecto factible, apoyada de una investigación aplicada de tipo documental de campo y; está orientada a resolver un vacío de conocimientos en los profesionales egresados de ingeniería civil y de arquitectura, en materia de cálculo y diseño de fundaciones concéntricas, de tipo zapatas a través de gráficos y nomogramas, de un modo rápido y efectiva.

3.2 Diseño de la investigación.

En esta área de la investigación, se realizó una descripción general de los procesos de construcción de la metodología.

Arias, 2006), define el diseño de la investigación como "la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado". Por los instrumentos empleados, la investigación puede clasificarse en documental.

El Manual UPEL (2006) define " la investigación documental es el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente en fuentes bibliográficas y documentales". Al hablar de la investigación documental, es obligatorio recalcar que la suma de los documentos tomados en cuenta para un estudio cualquiera constituye la fuente documental de la investigación. En el proyecto desarrollado, se empleó una revisión documental de fuentes bibliográficas y electrónicas ya que, en él, se analizó e interpreto toda la literatura relacionada con el tema en estudio.

3.3 Nivel de la Investigación

Sánchez Carlessi H. y Reyes Meza C. (2006), manifiestan que siguiendo a Selltiz, Jahoda y otros (1965), podemos identificar tres niveles o esquemas básicos de investigación, los cuales se dividen en Investigación exploratoria, descriptiva y explicativa.

Por tal motivo, la cual este proyecto de investigación presenta un nivel exploratorio ya que se indaga sobre una realidad poco estudiada y descriptivo.

De acuerdo al nivel exploratorio del presente trabajo, Según (Ramírez, T; 1.999) "...cuando su propósito es indagar acerca de una realidad poco estudiada..." El investigador debe realizar una exploración previa sobre el tópico o aquellas comunidades muy poco estudiadas.

De acuerdo con esto, el nivel del presente trabajo se corresponde al descriptivo la cual Según (Ramírez, T; 1.999) "... son aquellos estudios cuyos objetivos es la descripción con mayor precisión, de las características de un determinado individuo, situaciones o grupos, con o sin especificación de hipótesis iniciales acerca de la naturaleza de tales características...".

Es por ello, que en la actual investigación se busca construir gráficos y nomogramas para cálculo y diseño de fundaciones directas concéntricas generando así resultados precisos y recomendaciones específicas de los mismos. Siendo esto un aporte académico y a nivel profesional relevante en materia de concreto y acero.

3.4. Población y muestra.

Población

La población es definida por Bavaresco (2001) “como el conjunto total de individuos de observación que se considera en estudio (nación, estado, instituciones, asociaciones, actividades, acontecimientos, personas) es decir, la población es la totalidad de los elementos que forman un conjunto” (p.109).

Atendiendo a estas consideraciones la población de este estudio está constituida por todos los estudiantes de ingeniería civil, profesionales ingenieros, arquitectos y trabajadores en el área de construcción, un universo de la investigación sobre el cual se pretende generalizar los resultados.

Muestra

En relación con la muestra, Arias (2012) expresa que: “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible. En este sentido, una muestra representativa es aquella que por su tamaño y características similares a la del conjunto, permite hacer inferencias o generalizar los resultados al resto de la población con un margen de error conocido”. (p.83).

En este caso, la muestra estudio a considerar son todos los noventa y seis egresados de ingeniería civil de la promoción XXVI que reciben título y XXVII que culminan la carrera, en la Universidad José Antonio Páez

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los datos según su procedencia, se dividen en primarios y secundarios, tal como lo señala Sabino (2002). Los datos primarios son aquellos que el investigador obtiene directamente de la realidad, recolectándolos con sus propios instrumentos.

Los datos secundarios, son todos aquellos registros debidamente documentados. Para el caso bajo estudio, se tomarán datos primarios apoyados en la técnica de la observación y el análisis de contenido. La observación acota Sabino (2002), "es percibir activamente la realidad exterior con el propósito de obtener los datos que previamente definidos como de interés de la investigación".

En lo que relaciona a esta investigación, tomando en cuenta lo establecido en los objetivos planteados en el estudio se recopiló la información necesaria para el diseño de fundaciones superficiales de tipo zapata con la utilización de gráficos y nomogramas, estableciendo el desarrollo geotécnico de las mismas, el diseño estructural de la zapata concéntrica, 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

Con la finalidad de llevar un procedimiento ordenado con una serie de pasos para el logro de los objetivos, se presenta una metodología estructurada en tres (3) fases en las que se ampliara el tema en estudio.

Fase I: Diagnosticar la situación actual de egresados de Ingeniería Civil de competencia en el área de fundaciones superficiales.

En el presente estudio se pretende hacer un diagnóstico a través de encuestas a Egresados de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad José

Antonio Páez, para evaluar cuál es la situación de estos en materia de conocimientos en el área de cálculo de fundaciones superficiales desde la parte geotecnia hasta el desarrollo de la parte estructural y que de esta manera se puedan evaluar las competencias de los egresados.

Fase II: Analizar las bases teóricas en área de fundaciones superficiales.

Consultando las distintas fuentes de información se procede a hacer un análisis de las bases teóricas y se resume en procedimientos de cálculos estructurales para el diseño de zapatas de fundaciones superficiales concéntricas, utilizando distintos métodos para obtener los datos previamente definidos de manera rápida y segura.

Estas metodologías contemplan las variables que intervienen en el proceso de cálculo estructural de fundaciones superficiales.

Metodología utilizada por la Prof. Ing Jutzy Herrada en clases, basada en la bibliografía de Fratelli M y Braja Das.

Mediante este método se trabaja con cargas axiales (P) establecidas entre 70

Procedimiento:

- 1) Establecer Profundidad de Desplante (Df)
- 2) Predimensionado del número de Golpes
 - Si se trata de una arena, existen 2 formas
 - ü Por Terzaghi
 - ü Por Peck
- 3) Chequeo de la Excentricidad
- 4) Calculo de Asentamiento
 - ü Asentamiento inmediato
 - ü Asentamiento por Consolidación
 - ü Chequeo por asentamiento

- 5) Chequeo de Capacidad de soporte
 - ü Determinar dimensiones efectivas
 - ü Ecuación de la capacidad de soporte
- 6) Carga ultima total (Q'ult)
- 7) Factor de seguridad por carga
- 8) Factor de Seguridad por Esfuerzo

***Metodología Cálculo y Diseño de Fundaciones directas por Tablas en Excel
del (Magister Ing Alejandro F. Pocaterra B.)***

Procedimiento

Ø ***Chequeo por Deflexión.***

- 1) Mayoración de cargas para obtención de cargas de servicio.
- 2) Transformar unidades del esfuerzo admisible del suelo
- 3) Calcular el área de la zapata
- 4) Diseño Estructural
- 5) Calcular el Esfuerzo actuante
- 6) Chequeo Deflexión

Ø ***Chequeo por Corte.***

- 1) Dimensiones de la zapata
- 2) Transformar unidades dimensiones zapata
- 3) Corte producido en la zapata
- 4) Cortante ultimo resistido por el concreto

Ø ***Chequeo por Punzonamiento.***

- 1) Chequeo por Punzonamiento (condiciones de zapata)
- 2) Calcular el máximo punzonado
- 3) Comparación del valor del punzonado ultimo

Ø ***Diseño del acero de la pieza***

- 1) Calcular momento Flector

- 2) Calcular del acero de la zapata
- 3) Comparación con el acero mínimo
- 4) Tipo de Acero

Para la elaboración de los gráficos y nomogramas se tomó cada variable y se desarrolló el cálculo de la zapata superficial para cada caso estudio, tomando en cuenta esfuerzos de fluencia del acero de refuerzo (f_y) de 2800kg/ ; 3500 kg/ y 4200 kg/ , al igual una resistencia del concreto (f_c) de 200 kg/ ; 250 kg/ ; 300 kg/

Una vez analizadas las bases teóricas anteriormente expuestas, quedan concluidos los trabajos de la fase metodológica definiendo así las variables y parámetros usados en el Diseño de Gráficos y Nomogramas para el Cálculo de un Sistema de Fundaciones Superficiales de acuerdo a la Norma de Construcción, a fin de obtener y cumplir con el objetivo específico número 2.

Metodología utilizada en El Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones. (Mindur)

Según Arnal H; Epelboin S. (1984) para sistematizar el diseño de una fundación directas, aisladas de planta cuadrada y de planta rectangular se han elaborado las tablas en las cuales se toman resistencias del terreno que varían desde 0,50 hasta 6kg/ las cuales deben obtenerse mediante el correspondiente estudio del suelo.

Procedimiento

- 1) Carga de Calculo P
- 2) Chequeo de la Altura útil por esfuerzo cortante
 - ü Como Losa armada en dos direcciones
 - ü Como Viga
- 3) Diseño Por Flexión

Ü Momento

Ü Armadura

Ü Longitud de la cabilla

Son las variables y parámetros a seguir para el uso de las tablas.

Fase III: Diseñar un manual de fundaciones superficiales mediante gráficos y nomogramas.

Se realizó un resumen detallado de las variables que intervienen, por autor y se completó un cuadro tipo tabla con los datos de cada cálculo y, su respectivo resultado; que se pudo obtener acorde a las variables estudiadas; adicionalmente se realiza un impacto costo beneficio.

Para desarrollar esta fase de la investigación, fue necesario la utilización de hojas de cálculo, haciendo el diseño de la pieza, dando le el tamaño requerido a partir de un Predimensionado y, colocando el acero respectivo para darle el resultad final de diseño requerido geométrica y estructuralmente. De esta manera con el acero diseñado, y las variables caso estudio, se preparó un nuevo nomograma, para obtener información general de las piezas diseñadas, recolectadas en un solo gráfico o nomograma, a partir de la utilización de una herramienta computacional, lo cual permitió a construir nuevas gráficas para el cálculo de fundaciones superficiales concéntricas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Este capítulo se enfocó en desarrollar cada uno de los objetivos planteados dentro de la investigación.

4.1 Diagnosticar la situación actual de egresados de Ingeniería Civil de competencia en el área de fundaciones superficiales.

Mediante una encuesta cerrada con respuestas de tipo dicotómica realizada a los egresados de escuela de Ingeniería Civil de las Promociones XXVI y XXVII de la Universidad José Antonio Páez, se permitió diagnosticar cual es la situación actual referente al área de fundaciones y muros; la encuesta fue realizada al 30% de la población, siendo en total 15 egresados elegidos de forma aleatoria del total de la población.

El instrumento está compuesto de dieciocho (18) preguntas, y mediante gráficos circulares se representaron los resultados de cada una, de manera que fueron analizaros de forma objetiva y precisa.

PERSONAL

1- ¿Considera usted tener conocimientos suficientes sobre el tema de fundaciones superficiales?

SI	NO
4	11



Gráfico 1 Conocimiento fundaciones superficiales

Fuente Savarino y Mejer (2020)

Como se puede observar el setenta y tres por ciento (73%) de los encuestados respondieron que no, lo que demuestra que no tienen conocimientos suficientes del tema de fundaciones superficiales.

2- ¿Tiene conocimientos en diseños y cálculos estructurales en fundaciones superficiales?

SI	NO
2	13



Gráfico 2 Experiencia en diseño y Cálculos estructurales

Fuente Savarino y Mejer (2020)

Un ochenta y siete por ciento (87%) de los profesionales encuestados respondió que no tiene conocimientos respecto a los cálculos estructurales en fundaciones superficiales.

3- ¿Tiene conocimientos de programas de cálculos estructurales en fundaciones superficiales?

SI	NO
7	8

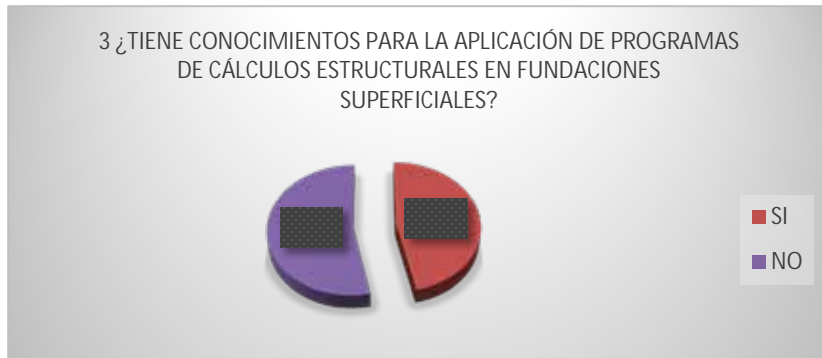


Gráfico 3 Aplicación de programa de cálculos en Fundaciones Superficiales.
Fuente Savarino y Mejer (2020)

En el grafico 3 se puede observar que solo el cuarenta y siete por ciento (47%) de los encuestados posee conocimientos suficientes para la aplicación de programas estructurales en Fundaciones Superficiales.

EQUIPO

4- ¿Está de acuerdo en definir el grado de calidad del conocimiento que presta, para el diseño y cálculo de fundaciones superficiales con equipo de software (Excel, Mathcad, etc...)

SI	NO
14	1

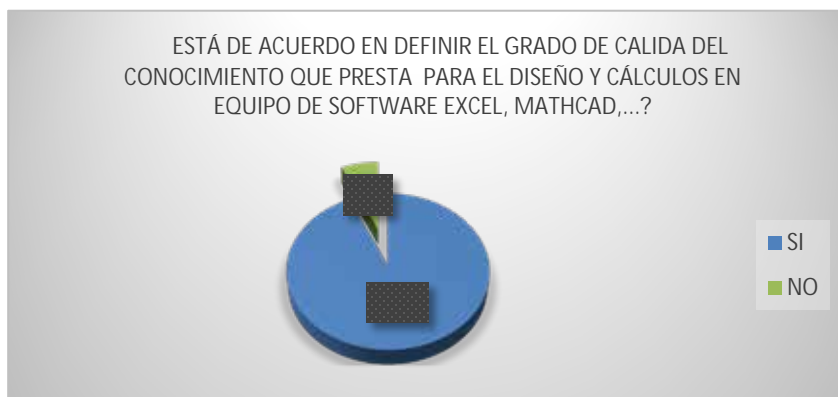


Gráfico 4 Diseño y cálculo en equipo de software
Fuente Savarino y Mejer (2020)

En el grafico 4 se puede observar que el 93% de los encuestados considera que si se debe definir el grado de calidad del conocimiento que se presta, para el diseño y el cálculo de fundaciones superficiales en equipos de software, mientras que solo un 7% no está de acuerdo.

5- ¿Se considera Capacitado para desarrollar tablas, con datos para el diseño y cálculo de fundaciones superficiales, con el uso de equipos de software?

SI	NO
3	12

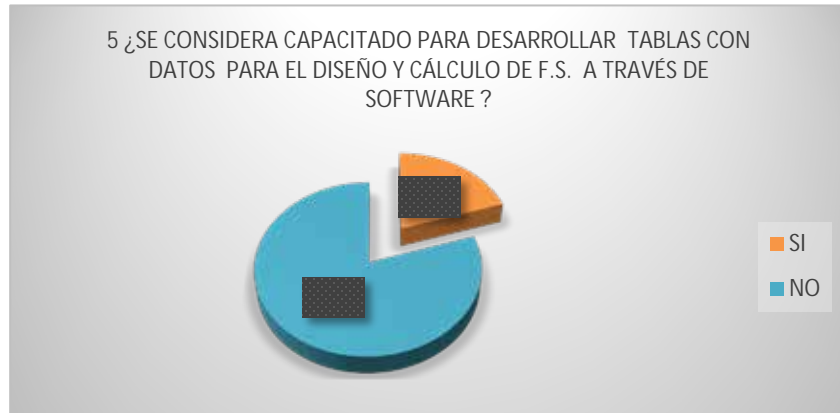


Gráfico 5 Capacitado para desarrollo de tablas con software
Fuente Savarino y Mejer (2020)

Según lo representado en el gráfico solo el veinte por ciento (20%) de los profesionales encuestados se sienten y consideran capacitados en el desarrollo de tablas para el diseño y cálculo de fundaciones superficiales a través de software, dejando a los profesionales que respondieron lo contrario representado un ochenta por ciento (80%).

6- ¿Considera suficiente los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería civil para desarrollar hojas de cálculos de fundaciones superficiales a través de herramientas computacionales de software?

SI	NO
5	10

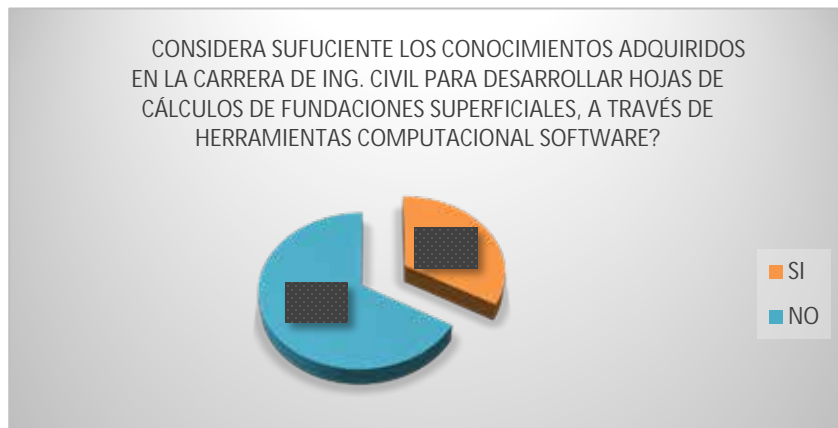


Gráfico 6 Desarrollo de hojas de cálculo con herramienta computacional
Fuente Savarino y Mejer (2020)

Solo el treinta y tres por ciento (33%) de los encuestados considera haber adquirido en la carrera de ingeniería civil los conocimientos necesarios para desarrollar hojas de cálculos de fundaciones superficiales a través de herramientas computacionales de softwares, mientras que el sesenta y siete por ciento (67%) considera la contrario, según lo reflejado en el grafico 6.

MATERIALES

7-. **¿Considera que el contenido de la materia de concreto armado es suficiente para el cálculo de fundaciones superficiales?**

SI	NO
2	13



Gráfico 7 Impartir concreto armado con suficiente profundidad

Fuente Savarino y Mejer (2020)

En el grafico 7 se puede observar que solo el trece por ciento (13%) de los profesionales a los que se les aplico la encuesta considera que el contenido de la materia de concreto armado es suficiente para el cálculo de fundaciones superficiales, mientras que el ochenta y siete por ciento (87%) considera que estos conocimientos no lo son.

8- ¿Conociendo el suelo y el tipo de terreno en que se ubica la fundación superficial, se considera capacitado para hacer los cálculos de forma geotécnica?

SI	NO
6	9

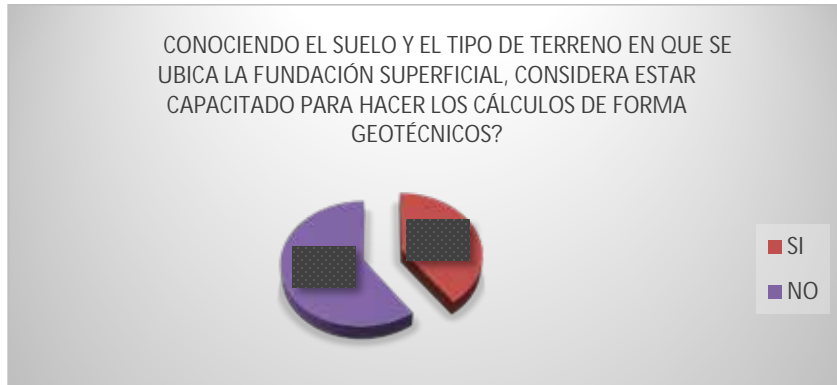


Gráfico 8 Cálculo geotécnicos conociendo el terreno
Fuente Savarino y Mejer (2020)

Solo el cuarenta por ciento (40%) de los encuestados se considera capacitado para hacer los cálculos de forma geotécnica, conociendo el suelo y el tipo de terreno en que se ubica la fundación superficial, según lo representado en el gráfico 8.

9- ¿Considera usted que los conocimientos previos adquiridos durante la carrera sobre las propiedades mecánicas del acero en las fundaciones superficiales fueron suficiente?

SI	NO
3	12

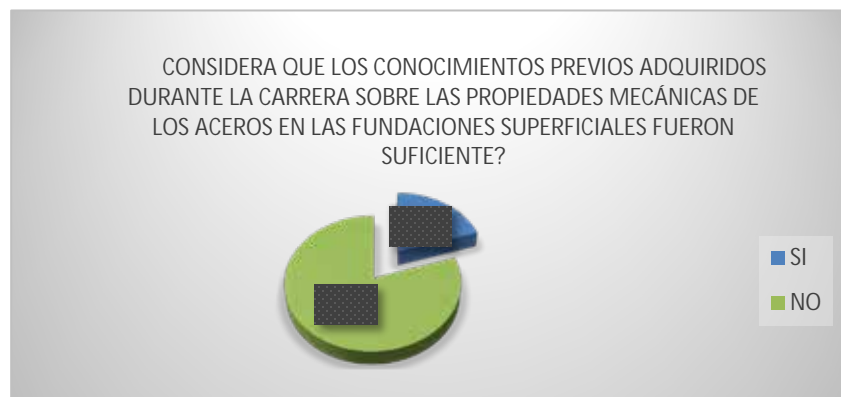


Gráfico 9 Propiedades mecánicas de los aceros
Fuente Savarino y Mejer (2020)

El ochenta por ciento (80%) de los profesionales a los que se les aplicó la encuesta, no consideran suficiente los conocimientos previos adquiridos

durante la carrera sobre las propiedades mecánicas del acero en las fundaciones superficiales.

PROCEDIMIENTO Y MÉTODO

10- ¿Evalúas de forma práctica y segura el método geotécnico visto en la UJAP en la materia de fundaciones y muros, con respecto a los diseños y cálculos de fundaciones superficiales?

SI	NO
9	6

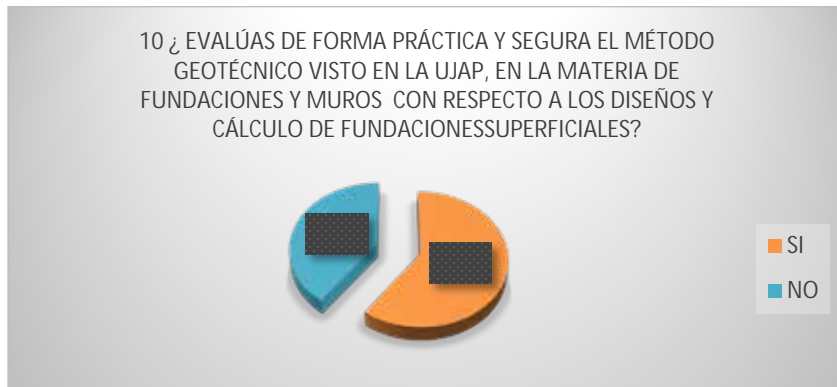


Gráfico 10 Método geotécnico en diseño y cálculos en Fundaciones Superficiales.

Fuente Savarino y Mejer (2020)

En el grafico 10 se representa que el sesenta por ciento (60%) afirma evaluar de forma práctica y segura el método geotécnico visto en la UJAP en la materia de fundaciones y muros, con respecto a los diseños y cálculos de fundaciones superficiales.

11- ¿Cree eficaz y rápido los cálculos mediante el método estructural, considerando el tiempo de ejecución en las fundaciones superficiales?

SI	NO
12	3

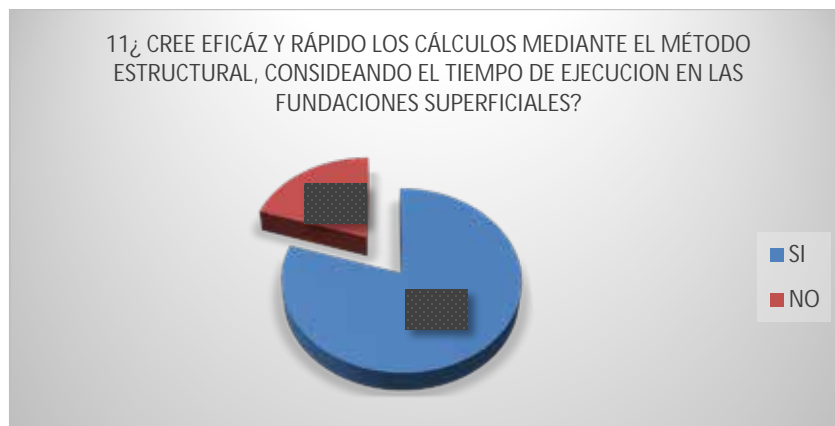


Gráfico 11 Eficaz y rápido cálculos por método estructural

Fuente Savarino y Mejer (2020)

Para el ochenta por ciento (80%) de los encuestados es eficaz y rápido el cálculo mediante el método estructural, considerando el tiempo de ejecución en las fundaciones superficiales, según lo representado en el gráfico 11, mientras que un veinte por ciento (20%) considera lo contrario.

12- ¿Tomando en cuenta los conocimientos de fundaciones superficiales, se considera capacitado para desarrollar los métodos geotécnicos y estructurales en los cálculos de dicho diseño de fundaciones?

SI	NO
7	8

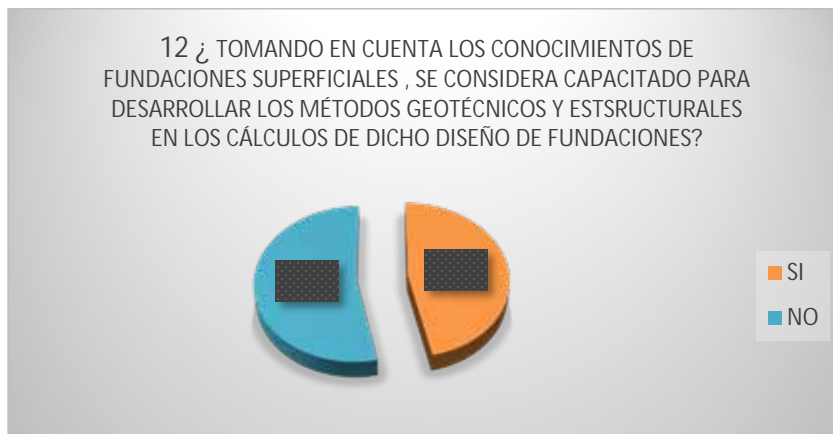


Gráfico12 Se considera capacitado en métodos geotécnicos y estructurales
Fuente Savarino y Mejer (2020)

En el gráfico 12 se puede observar que el cincuenta y tres por ciento (53%) de los encuestados opinó que no se considera capacitado para desarrollar los métodos geotécnico y estructurales en los cálculos de fundaciones superficiales, mientras que el cuarenta y siete por ciento (47%) confirma su capacidad para ello.

HERRAMIENTAS

13- ¿Considera factible que el diseño de cálculo de fundaciones superficiales se realice mediante la elaboración de gráficos y nomogramas de forma resumida?

SI	NO
8	7



Gráfico 13 Elaboración de gráficos y monogramas
Fuente Savarino y Mejer (2020)

El cincuenta y tres por ciento (53%) de los encuestados considera factible mediante el diseño de cálculo de fundaciones superficiales se elaboren gráficos y nomogramas de forma resumida, por el contrario el cuarenta y siete por ciento (47%) no considera su factibilidad.

14- ¿Está de acuerdo con el diseño de gráficos y nomogramas para desarrollar el cálculo de la zapata superficial, con diferentes casos estudio a partir de la carga axial (P) determinada?

SI	NO
1	14

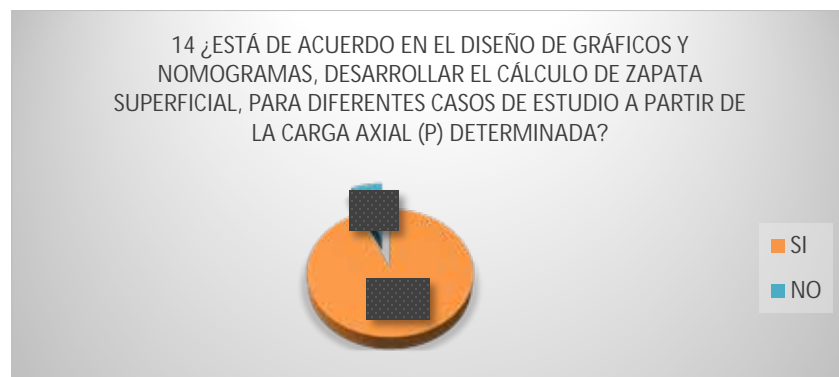


Gráfico 14 Desarrollo de cálculo de zapatas superficiales
Fuente Savarino y Mejer (2020)

En el grafico 14 se puede observar que el noventa y tres por ciento (93%) de los profesionales a los que se les aplico la encuesta no está de acuerdo con el diseño de gráficos y nomogramas para desarrollar el cálculo de la zapata superficial debido tal vez al propio desconocimiento que existe en materia de cálculo de fundaciones superficiales, con diferentes casos estudio a partir de la

carga axial determinada, mientras que solo un tres por ciento (7%) estuvo de acuerdo.

15- ¿Considera útil la elaboración de nomogramas a partir de cálculos previos tomando en cuenta ciertas características mecánicas de los materiales tales como: esfuerzos de fluencia del acero de refuerzos (F_y) y la resistencia de concreto (F_c)?

SI	NO
12	3

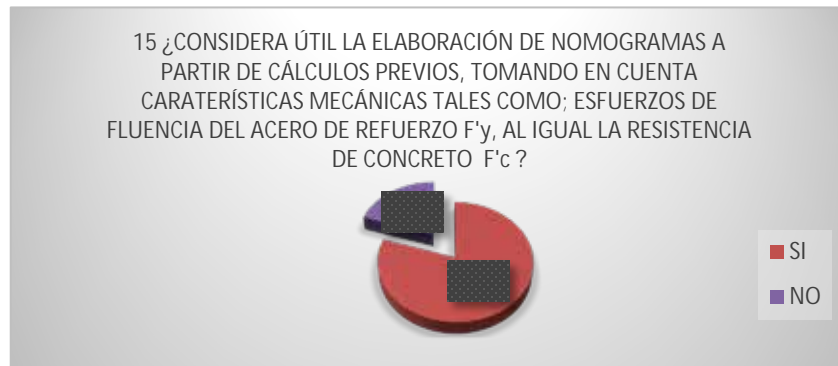


Gráfico 15 Características mecánicas, esfuerzo de fluencia y resistencia
Fuente Savarino Mejer (2020)

El ochenta por ciento (80%) de los encuestados considera útil la elaboración de nomogramas a partir de cálculos previos tomando en cuenta ciertas características mecánicas de los materiales tales como: esfuerzos de fluencia del acero de refuerzos y la resistencia de concreto, mientras que solo el veinte por ciento (20%) no los considera útiles.

MEDIO AMBIENTE

16- Debido al ambiente corrosivo de las diversas zonas que conforman la geografía nacional, ¿cree Ud. posible analizar el diseño de las fundaciones tomando en cuenta la influencia de ambientes salinos en el cálculo y diseño de fundaciones superficiales?

SI	NO
10	5

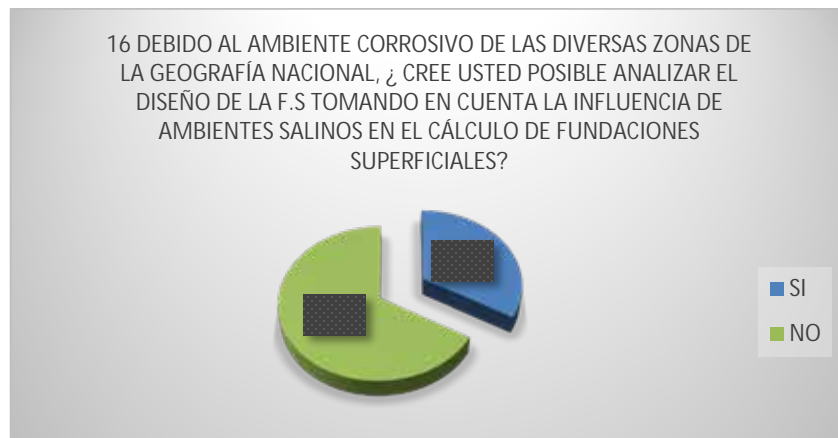


Gráfico 16 Influencia de ambientes salinos
Fuente Savarino Mejer (2020)

Según lo representado en el gráfico 16, el sesenta y siete por ciento (67%) de los encuestados respondió que, si considera posible analizar el diseño de fundaciones superficiales tomando en cuenta la influencia de ambientes salinos en el cálculo de las mismas, esto debido al ambiente corrosivo existente en diversas zonas de la geografía nacional, por lo contrario, un treinta y tres por ciento (33%) no lo considera posible.

17- ¿Cree usted que las fundaciones superficiales pueden afectar al medio ambiente?

SI	NO
14	1



Gráfico 17 Las fundaciones superficiales afectan el ambiente
Fuente Savarino Mejer (2020)

En el gráfico 17 se puede observar que un noventa y tres por ciento (93%) de los profesionales encuestados considera que el ambiente se ve afectado por las fundaciones superficiales.

18- ¿Considerando el análisis de estudios del suelo en que se ubica la fundación superficial, se tomaría en cuenta su propiedad mecánica para dicho estudio?

SI	NO
13	2

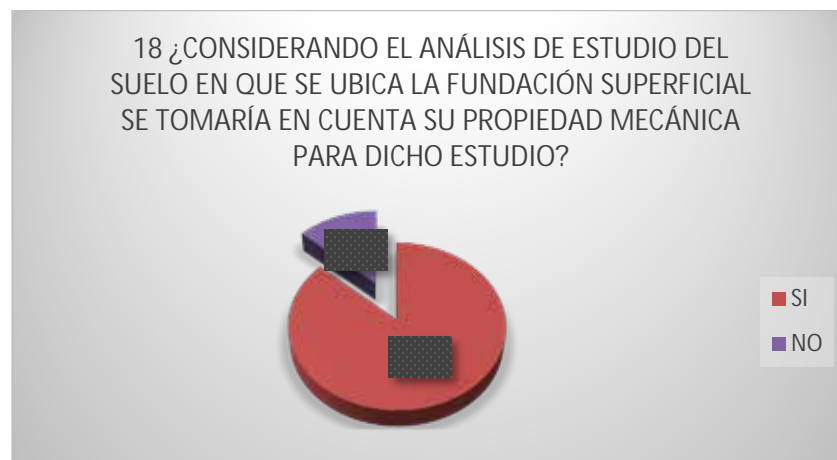


Gráfico 18 Propiedades mecánicas del acero en Fundaciones Superficiales.
Fuente Savarino Mejer (2020)

El gráfico 18 refleja que el ochenta y siete por ciento (87%) de los encuestados afirma que, considerando el análisis del estudio de suelo donde se ubicara la

Luego busco Con \tilde{N} en la Figura 4.1 y determino la densidad relativa o consistencia de los suelos mediante esta consistencia; luego con el mismo valor de \tilde{N} entro en la Figura 4.2 me permite obtener el **qu** (capacidad ultima del ensayo de corte), interpolando los factores ya obtenida la consistencia o densidad relativa se sabe el tipo de suelo con el que se desea trabajar; con ello el más desfavorable.

Resistencia a la Penetración N° de golpes N	Densidad Relativa Suelos Arenosos	Consistencia Suelos Arcillosos
< 4	Muy Suelta	
4 a 10	Suelta	
11 a 30	Mediana	
31 a 50	Densa	
> 50	Muy Densa	
< 2		Muy Blanda
2 a 4		Blanda
5 a 8		Mediana
9 a 15		Firme
16 a 30		Muy Firme
>30		Dura

Figura 22.

Fuente: Fratelli, M (1993)

Número de Penetración Estándar, N.	Consistencia	Resistencia a Compresión no confinada qu (KN/)
0 - 2	Muy Blanda	0 - 25
2 - 5	Blanda	25 - 50
5 - 10	Medio Firme	50 - 100
10 - 20	Firme	100 - 200
20 - 30	Muy Firme	200 - 400
>30	Dura	>400

Figura 23. Consistencia de Arcillas y correlación aproximada con el número N de penetración Estándar.

Fuente: Braja M. Das (1999)

PESO ESPECIFICO Y CAPACIDAD PORTANTE			
CLASE DE SUELO	PESO ESPECIFICO (Kg/m³)	CAPACIDAD PORTANTE adm) (Kg/cm²)	
		SUELO SECO	SUELO SATURADO
Roca dura, estratificada, sana y compacta	2.800 a 3.000	60 a 100	-
Roca no estratificada, con algunas fisuras	2.700	40 a 50	-
Rocas estratificadas	2.600	25 a 30	-
Piedra caliza compacta	2.500	10 a 20	-
Piedra caliza porosa	2.000	8 a 10	-
Exquisitos o roca blanda	1.800 a 2.000	8	-
Grava con arena compacta	2.000	5 a 8	2 a 4
Arena gruesa firme y con algo de humedad	1.900 a 2.000	4 a 6	2
Arena gruesa seca	1.800	3 a 5	-
Arena fina húmeda	1.750	2 a 5	1 a 2
Arena fina seca	1.700	1 a 2	-
Arena arcillosa mediana y densa	1.900	2 a 3	0,5 a 1
Arena arcillosa seca y suelta	1.700	1 a 2	-
Arcilla dura compacta	1.800	4	-
Arcilla muy firme	1.800	2 a 3	-
Arcilla semidura	1.750	1 a 2	-
Arcilla mediana	1.700	0,5 a 1	-
Arcilla blanda	1.700	< a 0,5	-
Limos	1.700	< a 0,4	-
Fango, lodo o tuba inorgánica	900	-	-
Suelos orgánicos	1.600	-	-
Tierra vegetal seca	1.700	-	-
Rellenos sin consolidar	1.700	-	-

Figura 24. Propiedades Mecánicas y Características de los Suelos
Fuente: María Fratelli, 1993

En caso de presentarse una arena el procedimiento se describe a continuación:

- ✓ **Si se trata de una arena,**

Existen dos (2) formas:

ü **Terzaghi**

Se deben Cumplir tres (3) condiciones simultáneas:

- ✓ Debe ser una Arena Fina o Limosa
- ✓ El suelo debe estar saturado
- ✓ $N > 15$

En caso de cumplir las condiciones, calculo por medio de la siguiente formula el número de golpes.

De lo contrario, utilizo:

ü **Peck**

Donde se calcula CN por nivel de estrato

—

El se debe calcular para cada nivel del estrato en estudio.

Y, debe cumplirse que

Luego promedio para obtener , con el busco en la tabla 3.2 las características del suelo, con ello en la tabla A-1 obtengo el

—

P= Carga Axial

A=Área

Dónde:

B=Base

L = Longitud

3) Chequeo de la Excentricidad

—

—

—

—

e = Excentricidad

My = Momento en el eje Y

Mx = Momento en el eje X

4) Calculo de Asentamiento

ü **Asentamiento inmediato**

Ocurre en:

✓ Arenas Secas o Saturadas

✓ Arcillas Secas

—

$\left\{ \right.$ = Profundidad del estrato en estudio

I_p = Profundidad del Estrato

E = Modulo de Elasticidad

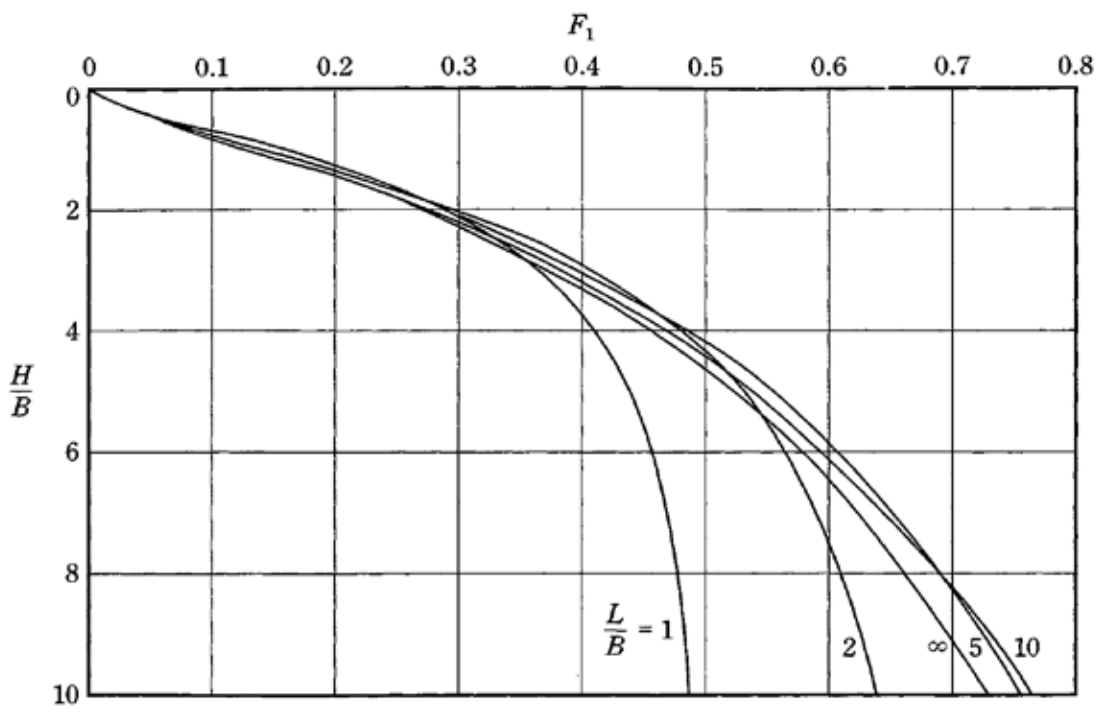


Figura25. Variación de F_1 con H/B

Fuente: Braja M, Das (1999)

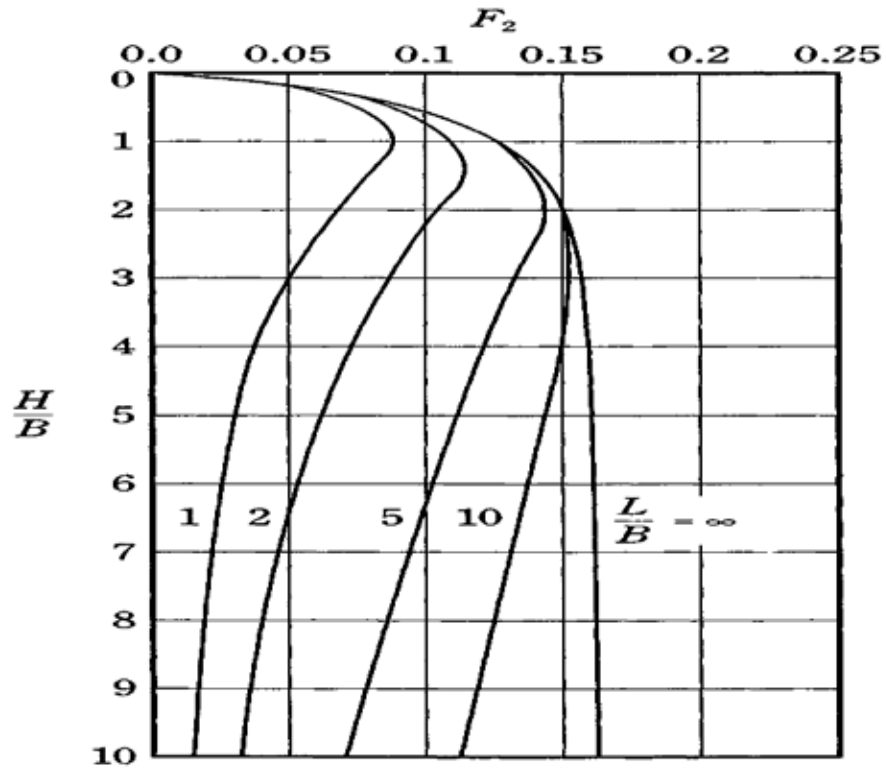


Figura 26. Variación de F_2 con H/B

Fuente: Braja M. Das (1999)

Ü Asentamiento por Consolidación

Ocurre en:

- ∨ Arcillas Húmedas y Saturadas

= Altura del estrato

= Relación de vacíos

I=Influencia

En la Figura 27 entra con los valores de $B/Z = m$ y $L/Z = n$ para obtener el valor de la Influencia.

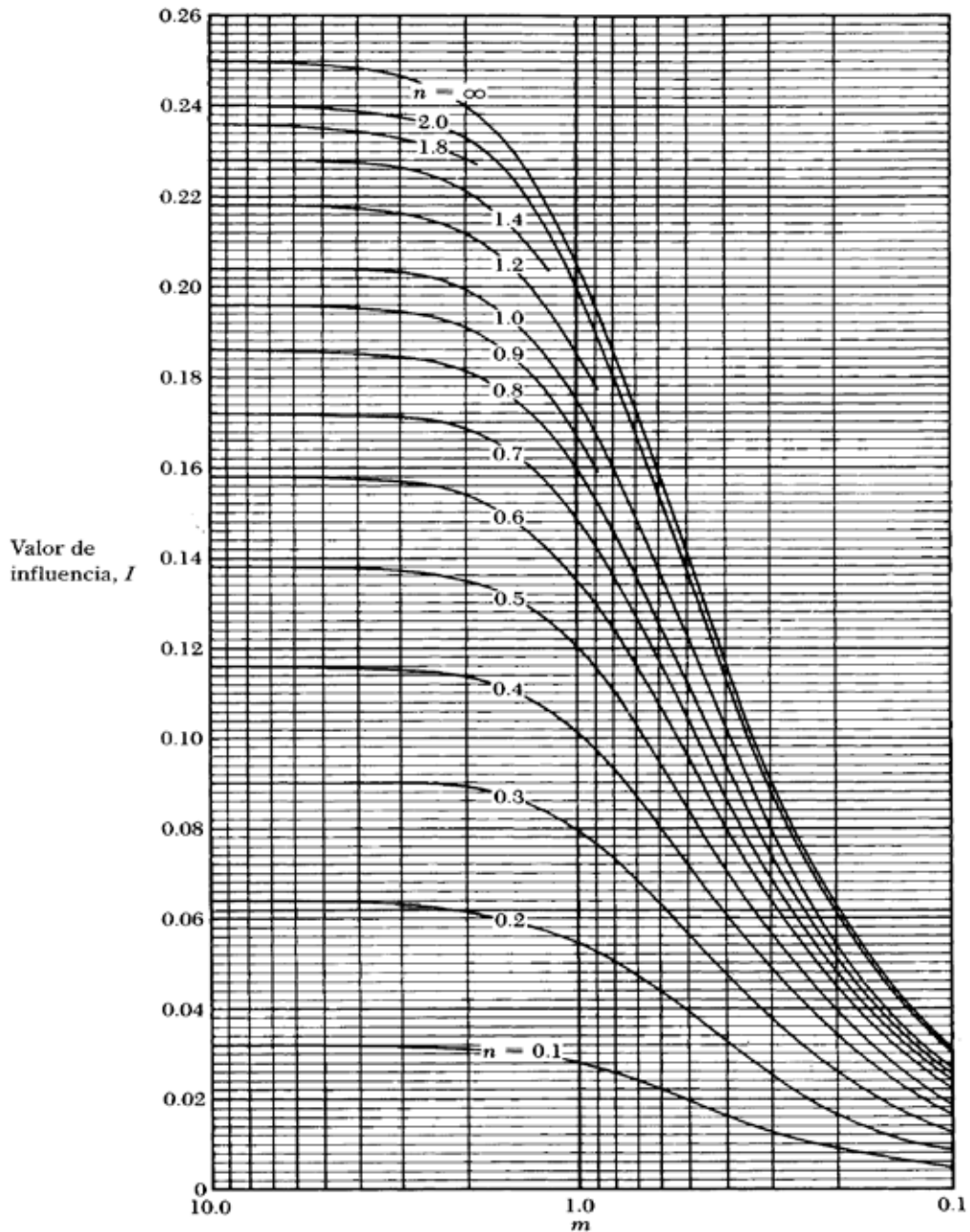


Figura 27. Variación de I con m y n

Fuente: Braja M, Das (1999)

Ü Chequeo de los asentamientos

Si OK!

Si se deben aumentar las dimensiones.

5) Chequeo de Capacidad de soporte

Ü Determinar dimensiones efectivas

$$B' = B - 2*$$

$$L' = L - 2*$$

Ü Ecuación de la capacidad de soporte

C= Cohesión del suelo sobre el que se apoya

q= Carga del suelo encima del estrato en estudio

Peso unitario del estrato debajo de la fundación.

B'= Lado menor de la fundación

Factor de carga (se obtiene en la Figura 5 con el \emptyset)

Factores de Forma (Se obtiene en la Figura X con B' y L')

Factores de Profundidad (En la Figura X con B y L)

Factores de Inclinación. Serán igual a 1 si hay una carga axial

aplicada

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					

Figura 28: Factores de capacidad de carga para la teoría de Meyerhof

Fuente: Braja Das 2012

Factor	Relación	Fuente
Forma ^a	$F_{cs} = 1 + \frac{B N_q}{L N_c}$ $F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$ $F_{ys} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$ <p>donde L = longitud de la cimentación ($L > B$)</p>	De Beer (1970) Hansen (1970)
Profundidad ^b	<p>Condición (a): $D_f/B \leq 1$</p> $F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D_f}{B}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \text{sen } \phi)^2 \frac{D_f}{B}$ $F_{yd} = 1$ <p>Condición (b): $D_f/B > 1$</p> $F_{cd} = 1 + (0.4) \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \text{sen } \phi)^2 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$ $F_{yd} = 1$	Hansen (1970)
Inclinación	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^*}{90^\circ} \right)^2$ $F_{ri} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi} \right)^2$ <p>donde β = inclinación de la carga sobre la cimentación con respecto a la vertical</p>	Meyerhof (1963); Hanna y Meyerhof (1981)
<p>^a Estos factores de forma son relaciones empíricas basadas en numerosas pruebas de laboratorio. ^b El factor $\tan^{-1} (D_f/B)$ está en radianes.</p>		

Figura 29. Factores de Forma, Profundidad e Inclinación recomendados.

Fuente: Braja M, Das (1999)

Nota: En el Factor de Forma F_{qs} , (B'/L') es multiplicado por $\tan \phi$

6) Carga ultima total (Q'ult)

7) Factor de seguridad por carga

Se debe cumplir que _____

$$Q_{\text{total}} = P + Q_{\text{suelo}}$$

8) Factor de Seguridad por Esfuerzo

$$Q_{\text{suelo}} = q$$

$$Q_{\text{máx}} = \left(\frac{Q_{\text{suelo}}}{F_s} \right)$$

4.2.2 Metodología Calculo y Diseño de Fundaciones directas por Tablas en Excel del (Magister Ing Alejandro F. Pocaterra B.)

Procedimiento

Ø *Chequeo por Deflexión. (Factor)*

Datos Generales del Problema estudio.

- ✓ Carga Permanente CP
- ✓ Carga Variable CV
- ✓ F'_c = Resistencia especificada del concreto a la compresión
- ✓ F'_y = Resistencia cedente mínima especificada para el tipo de acero a ser utilizado.
- ✓
- ✓ B_x = Lado de la base
- ✓ Pedestal $d \times c$

1) Mayoración de cargas para obtención de cargas de servicio.

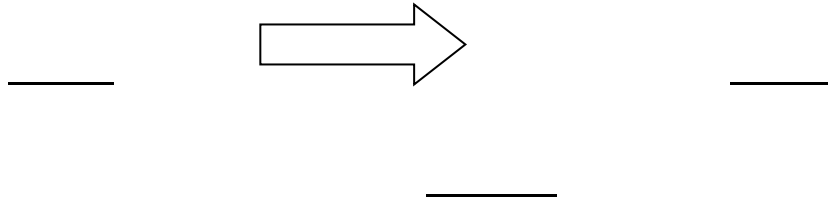
Calcular las cargas de servicio (Ton), (Kg):

Nota: Si no hubiera cargas diferenciadas, sino una total, simplemente se mayor por un factor de seguridad recomendado: 1,35

2) Transformar unidades del esfuerzo admisible del suelo

3) Calcular el área de la zapata

Calculo del Área de la Zapata a partir del Esfuerzo del Suelo y la Carga actuante.



4) Diseño Estructural

Calculo de la Carga Actuante última de Diseño.

5) Calcular el Esfuerzo actuante

Calculo del Esfuerzo Actuante Mayorado.

6) Chequeo Deflexión

Ø *Diseño de la Zapata a Flexión Pura:*

Se diseña:

Se debe llevar la carga (ESFUERZO) de metro cuadrado a metro lineal y; por ello; se multiplica el esfuerzo entre B.

$$\text{—————} = (\text{Ton*m}) \text{ à } (\text{Kg*cm})$$

Altura Útil por Flexión de Zapata



Nota: Puede estar entre 0,13 y 0,15

FONDONORMA 1753 - 06 Indica que no puede ser menor a 30 cm

Recubrimiento mínimo 7.5 cm

Se debe incluir el diámetro de la barra entre 2.

Ø *Chequeo por Corte de la Fundación.*

Datos de los cálculos previos del chequeo por deflexión

1) Dimensiones de la zapata

n= Distancia del borde de la fundación hasta el pedestal

Datos de la zapata calculada

B= Ancho de la cimentación

Calcular el esfuerzo mayorado:



2) Transformar unidades dimensiones zapata

Transformar a metros () dividiendo entre 100cm.

3) Corte producido en la zapata

En la zapata previamente diseñada se calcula el corte producido.

4) Corte ultimo

El cortante ultimo resistido por el Concreto en la zapata

Donde

5) Chequear el corte

Se debe chequear que el corte que se produce por las dimensiones de la zapata, sea menor al resistido por el concreto de la misma pieza.

Ø Chequeo por Punzonado

1) Chequeo por Punzonamiento (condiciones de zapata)

Se debe chequear el punzonado producido por las condiciones de la zapata previamente diseñada

$$Pedestal d x c = b$$

$$Carga Servicio = (1,2 x CP) + (1,6 x CV)$$

2) Calcular el máximo punzonado

Calcular el máximo punzonado resistido por el concreto de la zapata diseñada.

Punzonado resistido por el concreto = P_c

Nota: Pasar a toneladas (1Ton =1000kg)

3) Comparación del valor del punzonado ultimo

Se compara el punzonado último debido a la carga de servicio, con el que puede resistir el concreto de la pieza diseñada.

Si cumple, la pieza puede ser diseñada por punzonado.

Ø *Diseño del acero de la pieza*

1) Calcular momento Flector

Se calcula el momento flector al que está sometida la zapata diseñada

Para el concreto

$J_u = 0,95$

Para el cálculo del Momento:

Llevar a Kg x cm.

2) Calcular del acero de la zapata

3) Comparación con el acero mínimo

Se compara con el acero mínimo requerido por la pieza diseñada, por retracción y temperatura pre escrito en la norma.

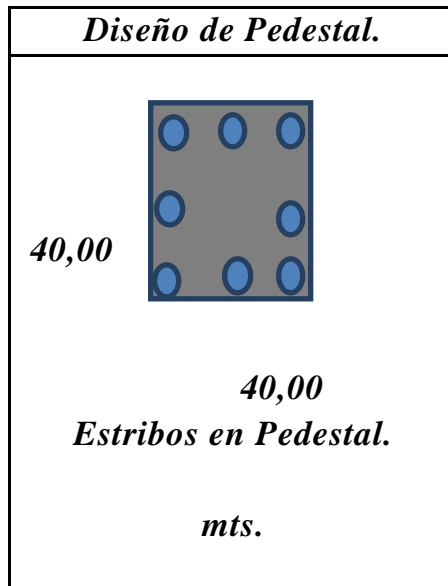
Tener en cuenta que manda el mayor acero calculado.

4) Tipo de Acero

Se selecciona el tipo de acero que se requiere colocar. Sin separarlo más de 25 cm.

<i>Pieza:</i>	<i>Área Acero.</i>
<i>3/8 " =</i>	
<i>4/8 " =</i>	
<i>5/8 " =</i>	
<i>6/8 " =</i>	
<i>7/8 " =</i>	
<i>1" =</i>	

Ejemplo de Diseño de Pedestal



Nota: La altura de los pedestales es variable, según las necesidades de cada proyecto, generalmente están entre 1m a 1,50m

Para la elaboración de los gráficos y nomogramas se tomó cada variable y se desarrolló el cálculo de la zapata superficial para cada caso estudio, tomando en cuenta esfuerzos de fluencia del acero de refuerzo ($F'y$) de 2800kg/ ; 3500 kg/ y 4200 kg/ , al igual una resistencia del concreto ($f'c$) de 210 kg/ ; 250 kg/ ; 300 kg/

4.2.3 Metodología utilizada en El Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones. (Mindur)

Según Arnal H; Epelboin S. (1984) para sistematizar el diseño de una fundación directas, aisladas de planta cuadrada y de planta rectangular se han elaborado las tablas en las cuales se toman resistencias del terreno que varían

desde 0,50 hasta 6kg/ las cuales deben obtenerse mediante el correspondiente estudio del suelo.

Procedimiento

1) Carga de Calculo P

2) Chequeo de la Altura útil por esfuerzo cortante

ü Como Losa armada en dos direcciones

ü Como Viga

En donde:

$\phi=0,85$

b= Lado de la base =

—

3) Diseño Por Flexión

ü Momento

Se asume **Pu= 1,55 P**

Ü Armadura

Por norma **As>Amín**

Ü Longitud de la cabilla

En donde

Uso de las Tablas

1. Escoger la tabla que cumpla con los valores de F'_c , F'_y y q_s del proyecto.
2. Entrar a la columna de Carga, con el valor de P (sin mayorar) proveniente de la superestructura.
3. En la línea correspondiente se encontrará todos los valores necesarios para el diseño de la fundación.

En las siguientes tablas se da la geometría, las cabillas, el volumen de concreto y el peso de las armaduras de las fundaciones, para diferentes resistencias de suelos y para varias cualidades de concreto y acero.

CARGA P ton	BASE		ESCALÓN		PEDESTAL	CABILLAS DE LA BASE (c/s)			VOLUMEN DE CONCRETO mts ³	PESO DE CABILLAS kgs
	LADO cm	ALT cm	LADO cm	ALT cm	LADO min cm	ACERO FLEXION cm ²	CANTIDAD Y DIAMETRO	LARGO mts		
19.28	100	30			30	2.0	5 # 3/8"	1.15	0.30	6.4
23.33	110	30			30	4.0	6 # 3/8"	1.20	0.36	8.0
27.76	120	30			30	5.6	8 # 3/8"	1.30	0.43	11.6
32.58	130	30			35	6.7	10 # 3/8"	1.40	0.51	15.7
37.79	140	30			35	8.0	13 # 3/8"	1.50	0.59	21.0
43.30	150	30			40	10.4	15 # 3/8"	1.60	0.68	26.8
49.36	160	30			40	13.2	19 # 3/8"	1.70	0.77	36.1
55.72	170	30			45	15.2	13 # 1/2"	1.90	0.87	49.1
62.47	180	30			45	18.8	15 # 1/2"	2.00	0.97	59.6
69.60	190	30			50	21.3	17 # 1/2"	2.10	1.00	71.0
77.12	200	30			50	25.8	14 # 5/8"	2.25	1.20	97.9
85.02	210	30			55	28.9	15 # 5/8"	2.35	1.32	109.6
93.32	220	30			55	34.3	18 # 5/8"	2.45	1.45	137.1
101.99	230	30			60	38.1	20 # 5/8"	2.55	1.59	158.5
111.05	240	30			60	44.5	16 # 3/4"	2.75	1.73	196.9
120.50	250	30			65	49.0	18 # 3/4"	2.85	1.87	229.5
129.52	260	35			65	46.2	17 # 3/4"	2.95	2.37	224.4
138.80	270	40			70	42.6	15 # 3/4"	3.05	2.92	204.7
149.27	280	40			70	48.7	18 # 3/4"	3.15	3.14	253.7
160.13	290	40			75	52.9	19 # 3/4"	3.25	3.36	276.3
171.36	300	40			75	59.9	22 # 3/4"	3.35	3.60	329.7
182.97	310	40			80	64.7	23 # 3/4"	3.45	3.84	355.0
194.97	320	40			80	72.7	26 # 3/4"	3.55	4.10	413.0
207.35	330	40			85	78.1	28 # 3/4"	3.65	4.36	457.2
220.10	340	40			85	87.2	23 # 7/8"	3.80	4.62	532.3
233.24	350	40			90	93.3	25 # 7/8"	3.90	4.90	593.8
246.76	360	40			90	103.5	27 # 7/8"	4.00	5.18	657.7
257.78	370	45	185	15	95	94.0	25 # 7/8"	4.10	6.67	624.2
269.74	380	50	190	20	95	91.6	24 # 7/8"	4.20	7.94	613.9
284.12	390	50	195	20	100	97.4	26 # 7/8"	4.30	8.37	680.9
298.88	400	50	200	20	100	106.9	28 # 7/8"	4.40	8.80	750.3
314.01	410	50	205	20	105	113.2	30 # 7/8"	4.50	9.25	822.2
329.52	420	50	210	20	105	123.7	25 # 1"	4.70	9.70	934.8
345.39	430	50	215	20	110	130.7	26 # 1"	4.80	10.17	992.9
361.64	440	50	220	20	110	142.3	29 # 1"	4.90	10.65	1130.5
378.27	450	50	225	20	115	149.9	30 # 1"	5.00	11.14	1193.4
395.27	460	50	230	20	115	162.6	33 # 1"	5.10	11.64	1339.0
412.64	470	50	235	20	120	170.9	34 # 1"	5.20	12.15	1406.6
426.93	480	55	240	25	120	164.1	33 # 1"	5.30	14.11	1391.5
441.30	490	60	245	30	125	154.7	31 # 1"	5.40	16.21	1331.0
459.50	500	60	250	30	125	166.6	33 # 1"	5.50	16.87	1444.0

$q_s = 200 \text{ kg/cm}^2$

TABLA 9.39

$f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$
 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Figura 30. Nomograma

Fuente: Arnal H, Epelboim S (1984)

4.3 Diseñar un manual de fundaciones superficiales mediante gráficos y nomogramas.

Una vez desarrollados los objetivos se procedió a la elaboración del Manual para la Construcción de Fundaciones Superficiales con la Utilización de Gráficos y Nomogramas. Se presenta en el apéndice A.

CONCLUSIONES

- Û La aplicación de la encuesta realizada permitió diagnosticar el nivel de conocimiento de los Egresados en materia de Fundaciones superficiales, entre los resultados se puede destacar que existe un vacío de conocimientos que van desde las clases impartidas hasta en los métodos utilizados mediante software.
- Û Mediante el análisis de las metodologías empleadas para el diseño de zapatas superficiales se pueden extraer las variables necesarias para el cálculo de una fundación, estas son:

Metodología usada por los Autores Braja M, Das y Fratelli M.

- Es un método geotécnico, que permite pre-dimensionar una fundación superficial en base a parámetros, como el tipo de suelo y la capacidad portante.
- Para los casos estudios del manual se trabajaron dos tipos de estratos, arcilla y arena, ambos en condiciones saturadas con cargas axiales desde 70Ton hasta 150Ton. Se pudo hacer constar que las dimensiones del suelo de arena son mayores en comparación al de arcilla esto debido a la condición del suelo.

Metodología usada por el MSc. Ing. Alejandro Pocaterra para el cálculo de zapata superficial mediante el análisis estructural.

- Es un método estructural que mediante la combinación de cargas permite determinar el área de una fundación y se trabajan cuadradas para evitar que genere momentos o vuelco (excentricidad). Una vez realizado el pre-dimensionado se chequea por deflexión, corte y punzonado cumpliendo para ello con los valores mínimos establecidos en la norma.

Metodología usada en el Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones. (Mindur)

- Es un método estructural que permite obtener valores mediante el esfuerzo del suelo (q_s), el F_c , el F y la carga axial de la superestructura, en el anexo se pueden encontrar las diferentes tablas para cada caso estudio.
- Ü En base al análisis de las tres metodologías se puede concluir que las dimensiones obtenidos a través de un método u otro son similares, lo cual garantiza la fiabilidad de los cálculos para la realización de los gráficos y nomogramas, en tal sentido se presentó la propuesta de un Manual que permite optimizar el proceso de cálculo para fundaciones superficiales de tipo zapatas concéntrica, esta es una herramienta para proporcionar soluciones rápidas.

RECOMENDACIONES

- Û Evaluar los contenidos programáticos de las materias de Fundaciones y Muros, y Concreto Armado, a fin de mejorar la calidad de las mismas y lograr mejores resultados en los conocimientos de los egresados.
- Û Al momento de hacer el diseño y cálculo de las fundaciones superficiales se debe tener en cuenta tanto el análisis geotécnico como el análisis estructural, ya que ambos métodos son importantes y te permiten garantizar la estabilidad de la cimentación.
- Û Se propone ampliar el estudio de fundaciones superficiales, analizando en este sentido las zapatas de tipo excéntricas.
- Û Tomar las precauciones necesarias con el nivel freático del terreno evitando asentamientos, fallas e incluso el colapso de la estructura.
- Û Desarrollar un software que permita el cálculo y diseño de Fundaciones.
- Û Se recomienda hacer un análisis hidráulico en las fundaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F (2006). **El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica**. (5 ed.) Caracas, Venezuela: EPISTEME.
- Arnal, H; Epelbom, S. (1984). **Manual para el Proyecto de Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones**. Editorial del Colegio de Ingenieros de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Bavaresco A. (2002) **Proceso metodológico en la investigación (Cómo hacer un diseño de investigación)**. Maracaibo, Venezuela, Editorial Ediluz.
- Ballestrini, Miriam (2006). **Como se elabora el proyecto de investigación**. Editorial Panapo. Caracas. Venezuela.
- Braja M. Das (1999). **Principios de Ingeniería de Cimentación** (4ta Edición) California Internacional Thomson Editores.
- Febres, E (1993). **Fundaciones superficiales**.
- Fratelli, M. (1993) **Suelos, Fundaciones y Muros**. (2da Edición) Caracas, Venezuela.
- FONDONORMA (1753-2006): **“Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”**. Documento Técnico. Caracas. Venezuela.
- Tamayo y Tamayo M. (2001). **El Proceso de Investigación Científica**. México: Editorial Limusa.
- Terzaghi K, (1943). **Mecánica de los suelos**.
- Universidad José Antonio Páez (UJAP) (2007), **Manual de Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado**.

ANEXO A

Instrumento a utilizar en las encuestas



**REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

ENCUESTA A EGRESADOS DE INGENIERÍA CIVIL

La presente encuesta tiene como propósito recabar información sobre la elaboración de la tesis titulada **MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE FUNDACIONES SUPERFICIALES TIPO CONCÉNTRICAS CON LA UTILIZACIÓN DE GRÁFICOS Y NOMOGRAMAS**, realizada por los estudiantes Savarino Diosa C:I: 19580871 y Mejer Elbi C:I: 24236067.

La elaboración del cuestionario es tipo dicotómica y no se requiere de información personal del encuestado, solo es de interés los datos que pueden aportar.

Instrucciones

Lea cuidadosamente cada una de las interrogantes

Trate de no omitir ninguna respuesta

Marque con una “X” en la casilla correspondiente a la alternativa que considere más apropiada según su criterio.

CUESTIONARIO

PREGUNTAS	SI	NO
PERSONAL		
1- ¿Considera usted tener conocimientos suficientes sobre el tema de fundaciones superficiales?		
2- ¿Tiene conocimientos en diseños y cálculos estructurales en fundaciones superficiales?		
¿Tiene conocimientos de programas de cálculos estructurales en fundaciones superficiales?		
EQUIPO		
4- ¿Está de acuerdo en definir el grado de calidad del conocimiento que presta, para el diseño y cálculo de fundaciones superficiales con equipo de software (Excel, Mathcad, etc...)		
5- ¿Se considera Capacitado para desarrollar tablas, con datos para el diseño y cálculo de fundaciones superficiales, con el uso de equipos de software?		
6-¿Considera suficiente los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería civil para desarrollar hojas de cálculos de fundaciones superficiales a través de herramientas computacionales de software?		
MATERIALES		
7-. ¿Considera que el contenido de la materia de concreto armado es suficiente para el cálculo de fundaciones superficiales		
8- ¿Conociendo el suelo y el tipo de terreno en que se ubica la fundación superficial, se considera capacitado para hacer los cálculos de forma geotécnica?		
9- ¿Considera usted que los conocimientos previos adquiridos durante la carrera sobre las propiedades mecánicas del acero en las fundaciones superficiales fueron suficiente?		
PROCEDIMIENTO Y MÉTODO		
10- ¿Evalúas de forma práctica y segura el método geotécnico visto en la UJAP en la materia de fundaciones y muros, con respecto a los diseños y cálculos de fundaciones superficiales?		

11- ¿Cree eficaz y rápido los cálculos mediante el método estructural, considerando el tiempo de ejecución en las fundaciones superficiales?		
12- ¿Tomando en cuenta los conocimientos de fundaciones superficiales, se considera capacitado para desarrollar los métodos geotécnicos y estructurales en los cálculos de dicho diseño de fundaciones?		
HERRAMIENTAS		
13- ¿Considera factible que el diseño de cálculo de fundaciones superficiales se realice mediante la elaboración de gráficos y nomogramas de forma resumida?		
14- ¿Está de acuerdo con el diseño de gráficos y nomogramas para desarrollar el cálculo de la zapata superficial, con diferentes casos estudio a partir de la carga axial (P) determinada?		
15- ¿Considera útil la elaboración de nomogramas a partir de cálculos previos tomando en cuenta ciertas características mecánicas de los materiales tales como: esfuerzos de fluencia del acero de refuerzos (F_y) y la resistencia de concreto (F_c)?		
MEDIO AMBIENTE		
16- Debido al ambiente corrosivo de las diversas zonas que conforman la geografía nacional, ¿cree Ud. posible analizar el diseño de las fundaciones tomando en cuenta la influencia de ambientes salinos en el cálculo y diseño de fundaciones superficiales?		
17- ¿Cree usted que las fundaciones superficiales pueden afectar al medio ambiente?		
18- ¿Considerando el análisis de estudios del suelo en que se ubica la fundación superficial, se tomaría en cuenta su propiedad mecánica para dicho estudio?		

ANEXO B

Validación del Instrumento



**REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Profesora: Ing Alicia de Pizzella

Por medio de la presente nos dirigimos a usted con el fin de solicitar la evaluación del cuestionario que se anexa, para recabar información sobre la elaboración de la tesis titulada **MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE FUNDACIONES SUPERFICIALES TIPO CONCÉNTRICAS CON LA UTILIZACIÓN DE GRÁFICOS Y NOMOGRAMAS...**, realizada por los estudiantes Savarino Diosa C:I: 19580871 y Mejer Elbi C:I: 24236067.

La elaboración del cuestionario es tipo dicotómica de respuesta cerradas sí o no

En espera de su validación, o de sus observaciones

TABLA DE ESPECIFICACIONES

Instrumento: Cuestionario dirigido a los estudiantes egresados de Ing. Civil de la UJAP para recabar información sobre la realización de la tesis, **MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE FUNDACIONES SUPERFICIALES TIPO CONCÉNTRICAS CON LA UTILIZACIÓN DE GRÁFICOS Y NOMOGRAMAS...**, realizada por los estudiantes Savarino Diosa C:I: 19580871 y Mejer Elbi C:I: 24236067

ÍTEM	1		2		3	
	si	no	si	no	si	no
1.La redacción del ítem es clara	X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna	X		X		X	
3-El ítem induce a la respuesta	X		X		X	
4-El ítem mide lo que se pretende	X		X		X	

ÍTEM	4		5		6	
	si	no	si	no	si	no
1.La redacción del ítem es clara	X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna	X		X		X	
3-El ítem induce a la respuesta	X		X		X	
4-El ítem mide lo que se pretende	X		X		X	

ÍTEM	7		8		9	
	si	no	si	no	si	no
1.La redacción del ítem es clara	X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna	X		X		X	
3-El ítem induce a la respuesta	X		X		X	
4-El ítem mide lo que se pretende	X		X		X	

ÍTEM	10		11		12	
	si	no	si	no	si	no
1.La redacción del ítem es clara	X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna	X		X		X	
3-El ítem induce a la respuesta	X		X		X	
4-El ítem mide lo que se pretende	X		X		X	

ÍTEM	13		14		15	
	si	no	si	no	si	no
1.La redacción del ítem es clara	X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna	X		X		X	
3-El ítem induce a la respuesta	X		X		X	
4-El ítem mide lo que se pretende	X		X		X	

ÍTEM	16		17		18	
	si	no	si	no	si	no
1-La redacción del ítem es clara	X		X		X	
2-El ítem tiene coherencia interna	X		X		X	
3-El ítem induce a la respuesta	X		X		X	
4-El ítem mide lo que se pretende	X		X		X	

Apellido Alvira y Rizzoli Nombre del
 Docente Alvira y Rizzoli
 Cédula de Identidad 4598880
 Profesión Prof. Matemática
 Magister en Estrategia Matemática

ANEXO C

Confiabilidad del Instrumento

Savarino Diossa - Elbi Meier																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	10
2	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	11
3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	5
4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	5
5	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	12
6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3
7	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	5
8	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	10
9	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	4
10	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	12
11	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	4
12	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	11
13	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	6
14	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	8
15	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	10
P	0,5	1	0	0	0	0	1	0	0	0,6	1	0	0,7	0,4	0,4	0,2	0,4	0	Vt = 9,929
Q	0,5	0	1	1	1	1	0	1	1	0,4	0	1	0,3	0,6	0,6	0,8	0,6	1	
P*Q	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,24	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	3,93777778

$$\frac{N}{N-1} \times \frac{Vt-}{Vt} = 0,65$$

LEYENDA

- P = Probabilidades positivas de cada pregunta
- Q = Probabilidades Negativas de cada pregunta
- Vt = Varianza de las preguntas positivas
- N = Número de It 18

ESCALA KUDER RICHARDSON

RAN	MAGNI
0,81 a 1	Muy Alta
0,61 a 0,80	Alta
0,41 a 0,60	Moderada
0,21 a 0,40	Baja
0,01 a 0,20	Muy Baja

Fuente : Ruiz 2002

ANEXO D
Nomogramas Mindur

CARGA P ton	BASE		ESCALON		PEDESTAL	CABILLAS DE LA BASE (c/s)			VOLUMEN DE CONCRETO mts ³	PESO DE CABILLAS kgs
	LADO	ALT	LADO	ALT	LADO	ACERO FLEXION cm ²	CANTIDAD Y DIAMETRO	LARGO mts		
	cm	cm	cm	cm	min cm					
9.28	100	30			30	2.0	5 φ 3/8"	1.15	0.30	6.4
11.23	110	30			30	2.9	5 φ 3/8"	1.20	0.36	6.7
13.36	120	30			30	4.0	6 φ 3/8"	1.30	0.43	8.7
15.68	130	30			35	4.9	7 φ 3/8"	1.40	0.51	11.0
18.19	140	30			35	6.4	9 φ 3/8"	1.50	0.59	15.1
20.88	150	30			40	7.5	11 φ 3/8"	1.60	0.68	19.7
23.76	160	30			40	9.5	14 φ 3/8"	1.70	0.77	26.6
26.82	170	30			45	11.0	9 φ 1/2"	1.90	0.87	34.0
30.07	180	30			45	13.6	11 φ 1/2"	2.00	0.97	43.7
33.50	190	30			50	15.4	13 φ 1/2"	2.10	1.08	54.3
37.12	200	30			50	18.6	18 φ 5/8"	2.25	1.20	69.9
40.92	210	30			55	20.9	11 φ 5/8"	2.35	1.32	88.3
44.92	220	30			55	24.8	13 φ 5/8"	2.45	1.45	99.0
49.09	230	30			60	27.5	14 φ 5/8"	2.55	1.59	111.0
53.45	240	30			60	32.2	12 φ 3/4"	2.75	1.73	147.6
58.00	250	30			65	35.4	13 φ 3/4"	2.85	1.87	165.8
62.73	260	30			65	40.9	15 φ 3/4"	2.95	2.03	198.0
67.65	270	30			70	44.7	16 φ 3/4"	3.05	2.19	218.3
72.76	280	30			70	51.1	18 φ 3/4"	3.15	2.35	253.7
78.04	290	30			75	55.4	20 φ 3/4"	3.25	2.52	290.8
82.44	300	35			75	58.9	18 φ 3/4"	3.35	3.15	269.8
88.03	310	35			80	55.0	20 φ 3/4"	3.45	3.36	308.7
93.80	320	35			80	61.8	22 φ 3/4"	3.55	3.58	349.4
99.75	330	35			85	65.4	24 φ 3/4"	3.65	3.81	391.9
105.89	340	35			85	74.1	20 φ 7/8"	3.80	4.05	462.8
112.21	350	35			90	79.3	21 φ 7/8"	3.90	4.29	498.8
117.16	360	40			90	73.7	19 φ 7/8"	4.00	5.18	462.8
123.76	370	40			95	78.6	21 φ 7/8"	4.10	5.48	524.3
130.54	380	40			95	86.7	23 φ 7/8"	4.20	5.78	588.3
137.50	390	40			100	92.1	24 φ 7/8"	4.30	6.08	628.5
144.64	400	40			100	101.1	20 φ 1"	4.50	6.40	716.0
151.96	410	40			105	107.1	22 φ 1"	4.60	6.72	805.1
155.76	420	45	210	15	105	99.3	20 φ 1"	4.70	8.60	747.9
163.27	430	45	215	15	110	104.9	21 φ 1"	4.80	9.01	802.8
170.95	440	45	220	15	110	114.1	23 φ 1"	4.90	9.44	896.6
178.81	450	45	225	15	115	120.3	24 φ 1"	5.00	9.87	954.7
186.84	460	45	230	15	115	130.4	26 φ 1"	5.10	10.32	1055.8
195.05	470	45	235	15	120	137.1	28 φ 1"	5.20	10.77	1158.4
203.44	480	45	240	15	120	148.2	30 φ 1"	5.30	11.23	1265.0
212.01	490	45	245	15	125	155.5	31 φ 1"	5.40	11.70	1331.8
220.75	500	45	250	15	125	167.5	34 φ 1"	5.50	12.19	1487.8

p_s = 1.00 kg/cm²

f_c = 200 kg/cm²
f_y = 2 800 kg/cm²

Figura 31. Nomograma

Fuente: Arnal H, Epelboim S (1984)

CARGA P ton	BASE		ESCALON		PEDESTAL	CABILLAS DE LA BASE (c/s)			VOLUMEN DE CONCRETO mts ³	PESO DE CABILLAS kgs
	LADO cm	ALT cm	LADO cm	ALT cm	LADO min cm	ACERO FLEXION cm ²	CANTIDAD Y DIAMETRO	LARGO mts		
14.28	100	30			30	3.1	5 φ 3/8"	1.15	0.30	6.4
17.28	110	30			30	4.5	7 φ 3/8"	1.20	0.36	9.4
20.56	120	30			30	6.2	9 φ 3/8"	1.30	0.43	13.1
24.13	130	30			35	7.5	11 φ 3/8"	1.40	0.51	17.2
27.99	140	30			35	9.8	14 φ 3/8"	1.50	0.59	23.5
32.13	150	30			40	11.6	10 φ 1/2"	1.70	0.68	33.8
36.56	160	30			40	14.7	12 φ 1/2"	1.80	0.77	42.9
41.27	170	30			45	16.9	14 φ 1/2"	1.90	0.87	52.9
46.27	180	30			45	20.9	11 φ 5/8"	2.05	0.97	70.1
51.55	190	30			50	23.7	12 φ 5/8"	2.15	1.08	80.2
57.12	200	30			50	28.6	11 φ 3/4"	2.35	1.20	115.7
62.97	210	30			55	32.1	12 φ 3/4"	2.45	1.32	131.5
69.12	220	30			55	38.1	14 φ 3/4"	2.55	1.45	159.7
75.54	230	30			60	42.3	15 φ 3/4"	2.65	1.59	177.8
82.25	240	30			60	49.5	18 φ 3/4"	2.75	1.73	221.5
89.25	250	30			65	54.5	20 φ 3/4"	2.85	1.87	255.0
96.53	260	30			65	62.9	23 φ 3/4"	2.95	2.03	303.6
104.10	270	30			70	68.7	18 φ 7/8"	3.10	2.19	339.8
111.96	280	30			70	78.6	21 φ 7/8"	3.20	2.35	409.2
120.09	290	30			75	85.3	22 φ 7/8"	3.30	2.52	442.1
127.44	300	35			75	78.7	21 φ 7/8"	3.40	3.15	434.8
136.00	310	35			80	85.0	22 φ 7/8"	3.50	3.36	468.9
145.00	320	35			80	95.6	19 φ 1"	3.70	3.58	559.3
154.20	330	35			85	102.7	21 φ 1"	3.80	3.81	634.9
163.69	340	35			85	114.6	23 φ 1"	3.90	4.05	713.7
173.46	350	35			90	122.7	25 φ 1"	4.00	4.29	795.6
181.96	360	40			90	114.5	23 φ 1"	4.10	5.18	750.3
192.21	370	40			95	122.0	25 φ 1"	4.20	5.48	835.4
202.74	380	40			95	134.6	27 φ 1"	4.30	5.78	923.7
213.55	390	40			100	143.1	29 φ 1"	4.40	6.08	1015.2
224.64	400	40			100	157.0	31 φ 1"	4.50	6.40	1109.9
236.01	410	40			105	166.3	33 φ 1"	4.60	6.72	1207.7
243.96	420	45	210	15	105	155.5	31 φ 1"	4.70	8.60	1159.2
255.72	430	45	215	15	110	164.3	33 φ 1"	4.80	9.01	1260.2
267.75	440	45	220	15	110	178.8	36 φ 1"	4.90	9.44	1403.4
280.06	450	45	225	15	115	188.4	38 φ 1"	5.00	9.87	1511.6
292.64	460	45	230	15	115	204.3	41 φ 1"	5.10	10.32	1663.6
305.50	470	45	235	15	120	214.8	43 φ 1"	5.20	10.77	1779.0
315.19	480	50	240	20	120	202.9	41 φ 1"	5.30	12.67	1728.8
324.86	490	55	245	25	125	188.6	38 φ 1"	5.40	14.71	1632.6
338.25	500	55	250	25	125	203.2	41 φ 1"	5.50	15.31	1794.1

q_a = 150 kg/cm²

f_c = 200 kg/cm²
f_y = 2,800 kg/cm²

Figura 32. Nomograma

Fuente: Arnal H, Epelboim S (1984)

CARGA P ton	BASE		ESCALÓN		PEDESTAL	CABILLAS DE LA BASE (c/s)			VOLUMEN DE CONCRETO mts ³	PESO DE CABILLAS kgs
	LADO cm	ALT cm	LADO cm	ALT cm	LADO min cm	ACERO FLEXION cm ²	CANTIDAD Y DIAMETRO	LARGO mts		
19.28	100	30			30	4.2	6 φ 3/8"	1.15	0.30	7.7
23.33	110	30			30	6.0	9 φ 3/8"	1.20	0.36	12.1
27.76	120	30			30	8.4	12 φ 3/8"	1.30	0.43	17.4
32.58	130	30			35	10.1	8 φ 1/2"	1.50	0.51	23.9
37.79	140	30			35	13.3	11 φ 1/2"	1.60	0.59	35.0
43.38	150	30			40	15.6	13 φ 1/2"	1.70	0.68	43.9
49.36	160	30			40	19.8	11 φ 5/8"	1.85	0.77	63.2
55.72	170	30			45	22.8	12 φ 5/8"	1.95	0.87	72.7
62.47	180	30			45	28.2	10 φ 3/4"	2.15	0.97	96.2
69.60	190	30			50	32.0	12 φ 3/4"	2.25	1.08	120.8
77.12	200	30			50	38.7	14 φ 3/4"	2.35	1.20	147.2
85.02	210	30			55	43.4	16 φ 3/4"	2.45	1.32	175.4
93.32	220	30			55	51.5	19 φ 3/4"	2.55	1.45	216.8
101.99	230	30			60	57.1	21 φ 3/4"	2.65	1.59	249.0
110.36	240	35			60	54.5	20 φ 3/4"	2.75	2.02	246.1
119.00	250	40			65	50.6	18 φ 3/4"	2.85	2.50	229.5
128.71	260	40			65	58.5	21 φ 3/4"	2.95	2.70	277.2
138.80	270	40			70	63.9	23 φ 3/4"	3.05	2.92	313.9
149.27	280	40			70	73.0	19 φ 7/8"	3.20	3.14	370.3
160.13	290	40			75	79.3	21 φ 7/8"	3.30	3.36	422.0
171.36	300	40			75	89.8	24 φ 7/8"	3.40	3.60	496.9
182.97	310	40			80	97.0	20 φ 1"	3.60	3.84	572.8
194.97	320	40			80	109.0	22 φ 1"	3.70	4.10	647.6
207.35	330	40			85	117.2	24 φ 1"	3.80	4.36	725.6
217.67	340	45	170	15	85	112.3	23 φ 1"	3.90	5.64	713.7
228.83	350	50	175	20	90	105.4	21 φ 1"	4.00	6.74	668.3
242.09	360	50	180	20	90	116.9	24 φ 1"	4.10	7.13	782.9
255.73	370	50	185	20	95	124.6	25 φ 1"	4.20	7.53	835.4
269.74	380	50	190	20	95	137.5	28 φ 1"	4.30	7.94	957.9
284.12	390	50	195	20	100	146.1	29 φ 1"	4.40	8.37	1015.2
298.88	400	50	200	20	100	160.3	32 φ 1"	4.50	8.80	1145.7
314.01	410	50	205	20	105	169.9	34 φ 1"	4.60	9.25	1244.3
329.52	420	50	210	20	105	185.6	37 φ 1"	4.70	9.70	1383.5
345.39	430	50	215	20	110	196.1	39 φ 1"	4.80	10.17	1489.4
358.74	440	55	220	25	110	189.6	38 φ 1"	4.90	11.86	1481.4
372.19	450	60	225	30	115	179.5	36 φ 1"	5.00	13.67	1432.1
388.92	460	60	230	30	115	194.6	39 φ 1"	5.10	14.28	1582.4
406.01	470	60	235	30	120	204.7	41 φ 1"	5.20	14.91	1696.2
423.48	480	60	240	30	120	221.2	44 φ 1"	5.30	15.55	1855.3
441.30	490	60	245	30	125	232.1	46 φ 1"	5.40	16.21	1976.3
459.50	500	60	250	30	125	250.0	50 φ 1"	5.50	16.87	2187.9

g_s = 2.00 kg/cm²

f'_c = 200 kg/cm²
f_y = 2 800 kg/cm²

Figura 33. Nomograma

Fuente: Arnal H, Epelboim S (1984)

CARGA P ton	BASE		ESCALÓN		PEDESTAL	CABILLAS DE LA BASE (c/s)			VOLUMEN DE CONCRETO mts ³	PESO DE CABILLAS kgs
	LADO cm	ALT cm	LADO cm	ALT cm	LADO min cm	ACERO FLEXION cm ²	CANTIDAD Y DIAMETRO	LARGO mts		
24.28	100	30			30	5.3	8 φ 3/8"	1.15	0.30	10.3
29.38	110	30			30	7.6	11 φ 3/8"	1.20	0.36	14.8
34.96	120	30			30	10.5	9 φ 1/2"	1.40	0.43	25.0
41.03	130	30			35	12.7	11 φ 1/2"	1.50	0.51	32.8
47.59	140	30			35	15.7	14 φ 1/2"	1.60	0.59	44.5
54.63	150	30			40	19.6	10 φ 5/8"	1.75	0.68	54.4
62.16	160	30			40	24.9	13 φ 5/8"	1.85	0.77	74.7
70.17	170	30			45	29.7	11 φ 3/4"	2.05	0.87	100.9
78.67	180	30			45	35.5	13 φ 3/4"	2.15	0.97	125.0
87.65	190	30			50	40.3	15 φ 3/4"	2.25	1.08	151.0
96.64	200	35			50	39.8	14 φ 3/4"	2.35	1.40	147.2
106.02	210	40			55	37.7	14 φ 3/4"	2.45	1.76	153.5
116.35	220	40			55	44.7	16 φ 3/4"	2.55	1.94	182.5
127.17	230	40			60	49.6	18 φ 3/4"	2.65	2.12	213.4
138.47	240	40			60	59.1	21 φ 3/4"	2.75	2.30	258.4
150.25	250	40			65	63.9	23 φ 3/4"	2.85	2.50	293.3
162.51	260	40			65	73.8	20 φ 7/8"	3.00	2.70	365.4
175.25	270	40			70	80.7	21 φ 7/8"	3.10	2.92	396.5
188.47	280	40			70	92.2	24 φ 7/8"	3.20	3.14	467.7
202.18	290	40			75	100.1	20 φ 1"	3.40	3.36	541.0
214.47	300	45	150	15	75	97.6	20 φ 1"	3.50	4.39	556.9
227.56	310	50	155	20	80	92.6	19 φ 1"	3.60	5.29	544.2
242.48	320	50	160	20	80	104.1	21 φ 1"	3.70	5.63	618.2
257.88	330	50	165	20	85	111.8	23 φ 1"	3.80	5.99	695.4
273.74	340	50	170	20	85	124.8	25 φ 1"	3.90	6.36	775.7
290.08	350	50	175	20	90	133.6	27 φ 1"	4.00	6.74	859.2
306.89	360	50	180	20	90	148.2	30 φ 1"	4.10	7.13	978.6
324.18	370	50	185	20	95	158.0	32 φ 1"	4.20	7.53	1069.3
339.77	380	55	190	25	95	155.1	31 φ 1"	4.30	8.84	1060.5
355.61	390	60	195	30	100	148.3	30 φ 1"	4.40	10.27	1050.2
374.08	400	60	200	30	100	162.8	33 φ 1"	4.50	10.80	1181.5
393.02	410	60	205	30	105	172.5	35 φ 1"	4.60	11.35	1280.9
412.42	420	60	210	30	105	188.5	38 φ 1"	4.70	11.91	1420.9
432.30	430	60	215	30	110	199.1	40 φ 1"	4.80	12.48	1527.6
452.64	440	60	220	30	110	216.7	43 φ 1"	4.90	13.07	1676.3
473.44	450	60	225	30	115	228.4	46 φ 1"	5.00	13.67	1829.9
491.55	460	65	230	35	115	224.8	45 φ 1"	5.10	15.61	1825.9
509.84	470	70	235	40	120	216.2	43 φ 1"	5.20	17.67	1779.0
531.76	480	70	240	40	120	233.6	47 φ 1"	5.30	18.43	1981.8
554.15	490	70	245	40	125	245.2	49 φ 1"	5.40	19.21	2185.2
577.00	500	70	250	40	125	264.1	53 φ 1"	5.50	20.00	2319.2

q_s = 2.50 kg/cm²

f_c = 200 kg/cm²
f_y = 2 800 kg/cm²

Figura 34. Nomograma

Fuente: Arnal H, Epelboim S (1984)

CARGA P ton	BASE		ESCALON		PEDESTAL	CABILLAS DE LA BASE (c/s)			VOLUMEN DE CONCRETO mts ³	PESO DE CABILLAS kgs
	LADO cm	ALT cm	LADO cm	ALT cm	LADO min cm	ACERO FLEXION ² cm	CANTIDAD Y DIAMETRO	LARGO mts		
29.28	100	30			30	6.4	9 φ 3/8"	1.15	0.30	11.6
35.43	110	30			30	9.2	13 φ 3/8"	1.20	0.36	17.4
42.16	120	30			30	12.7	11 φ 1/2"	1.40	0.43	30.6
49.48	130	30			35	15.3	13 φ 1/2"	1.50	0.51	38.8
57.39	140	30			35	20.1	11 φ 5/8"	1.65	0.59	56.4
65.88	150	30			40	23.7	12 φ 5/8"	1.75	0.68	65.3
74.96	160	30			40	30.1	11 φ 3/4"	1.95	0.77	96.0
84.62	170	30			45	34.7	13 φ 3/4"	2.05	0.87	119.2
94.48	180	35			45	35.0	13 φ 3/4"	2.15	1.13	125.0
104.83	190	40			50	33.6	12 φ 3/4"	2.25	1.44	120.8
116.16	200	40			50	40.6	15 φ 3/4"	2.35	1.60	157.7
128.07	210	40			55	45.5	16 φ 3/4"	2.45	1.76	175.4
140.55	220	40			55	54.0	19 φ 3/4"	2.55	1.94	216.8
153.62	230	40			60	60.0	22 φ 3/4"	2.65	2.12	260.8
167.27	240	40			60	70.1	19 φ 7/8"	2.80	2.30	324.0
181.50	250	40			65	77.2	20 φ 7/8"	2.90	2.50	353.2
194.89	260	45	130	15	65	76.9	20 φ 7/8"	3.00	3.30	365.4
209.08	270	50	135	20	70	73.8	20 φ 7/8"	3.10	4.01	377.6
224.85	280	50	140	20	70	84.4	22 φ 7/8"	3.20	4.31	428.7
241.20	290	50	145	20	75	91.7	24 φ 7/8"	3.30	4.63	482.3
258.12	300	50	150	20	75	103.8	21 φ 1"	3.50	4.95	584.8
275.61	310	50	155	20	80	112.1	23 φ 1"	3.60	5.29	658.8
293.68	320	50	160	20	80	126.0	25 φ 1"	3.70	5.63	735.9
312.33	330	50	165	20	85	135.4	27 φ 1"	3.80	5.99	816.3
329.81	340	55	170	25	85	134.7	27 φ 1"	3.90	7.08	837.8
347.66	350	60	175	30	90	129.9	26 φ 1"	4.00	8.27	827.4
367.80	360	60	180	30	90	144.1	29 φ 1"	4.10	8.75	946.0
388.52	370	60	185	30	95	153.6	31 φ 1"	4.20	9.24	1035.9
409.81	380	60	190	30	95	169.4	34 φ 1"	4.30	9.75	1163.2
431.66	390	60	195	30	100	180.0	36 φ 1"	4.40	10.27	1260.2
454.08	400	60	200	30	100	197.6	40 φ 1"	4.50	10.80	1432.1
474.55	410	65	205	35	105	190.3	38 φ 1"	4.60	12.40	1390.7
495.33	420	70	210	40	105	190.4	38 φ 1"	4.70	14.11	1420.9
519.20	430	70	215	40	110	201.2	40 φ 1"	4.80	14.79	1527.6
543.63	440	70	220	40	110	218.9	44 φ 1"	4.90	15.49	1715.3
568.62	450	70	225	40	115	230.7	46 φ 1"	5.00	16.20	1829.9
594.17	460	70	230	40	115	250.2	50 φ 1"	5.10	16.93	2028.8
620.29	470	70	235	40	120	263.1	52 φ 1"	5.20	17.67	2151.3
643.51	480	75	240	45	120	261.9	52 φ 1"	5.30	19.87	2192.7
667.00	490	80	245	50	125	254.7	51 φ 1"	5.40	22.21	2191.1
694.50	500	80	250	50	125	274.3	55 φ 1"	5.50	23.12	2406.7

q_s = 3.00 kg/cm²

f_c = 200 kg/cm²
f_y = 2 800 kg/cm²

Figura 35. Nomograma

Fuente: Arnal H, Epelboim S (1984)

CARGA P ton	BASE		ESCALON		PEDESTAL	CABILLAS DE LA BASE (c/s)			VOLUMEN DE CONCRETO mts ³	PESO DE CABILLAS kgs
	LADO cm	ALT cm	LADO cm	ALT cm	LADO min cm	ACERO FLEXIÓN cm ²	CANTIDAD Y DIAMETRO	LARGO mts		
9.28	100	30			30	1.4	5 φ 3/8"	1.15	0.30	6.4
11.23	110	30			30	1.9	5 φ 3/8"	1.20	0.36	6.7
13.36	120	30			30	2.7	5 φ 3/8"	1.30	0.43	7.3
15.68	130	30			35	3.2	5 φ 3/8"	1.40	0.51	7.8
18.19	140	30			35	4.3	6 φ 3/8"	1.50	0.59	10.1
20.88	150	30			40	5.0	8 φ 3/8"	1.60	0.68	14.3
23.76	160	30			40	6.4	9 φ 3/8"	1.70	0.77	17.1
26.82	170	30			45	7.3	11 φ 3/8"	1.80	0.87	22.1
30.07	180	30			45	9.0	13 φ 3/8"	1.90	0.97	27.6
33.50	190	30			50	10.3	15 φ 3/8"	2.00	1.08	33.5
37.12	200	30			50	12.4	18 φ 3/8"	2.10	1.20	42.3
40.92	210	30			55	13.9	20 φ 3/8"	2.20	1.32	49.2
44.92	220	30			55	16.5	14 φ 1/2"	2.40	1.45	66.8
49.09	230	30			60	18.3	15 φ 1/2"	2.50	1.59	74.6
53.45	240	30			60	21.4	17 φ 1/2"	2.60	1.73	87.9
58.00	250	30			65	23.6	19 φ 1/2"	2.70	1.87	102.0
62.73	260	30			65	27.3	14 φ 5/8"	2.85	2.03	124.0
67.65	270	30			70	29.8	16 φ 5/8"	2.95	2.19	146.7
72.76	280	30			70	34.0	18 φ 5/8"	3.05	2.35	170.6
78.04	290	30			75	37.0	19 φ 5/8"	3.15	2.52	186.0
82.44	300	35			75	34.0	18 φ 5/8"	3.25	3.15	181.8
88.03	310	35			80	36.7	19 φ 5/8"	3.35	3.36	197.8
93.80	320	35			80	41.2	15 φ 3/4"	3.55	3.58	238.2
99.75	330	35			85	44.3	16 φ 3/4"	3.65	3.81	261.3
105.89	340	35			85	49.4	18 φ 3/4"	3.75	4.05	302.0
112.21	350	35			90	52.9	19 φ 3/4"	3.85	4.29	327.3
117.16	360	40			90	49.1	18 φ 3/4"	3.95	5.18	318.1
123.76	370	40			95	52.4	19 φ 3/4"	4.05	5.46	344.3
130.54	380	40			95	57.8	21 φ 3/4"	4.15	5.78	389.9
137.50	390	40			100	61.4	22 φ 3/4"	4.25	6.08	418.3
144.64	400	40			100	67.4	24 φ 3/4"	4.35	6.40	467.1
151.96	410	40			105	71.4	26 φ 3/4"	4.45	6.72	517.6
155.76	420	45	210	15	105	66.2	24 φ 3/4"	4.55	8.60	488.6
163.27	430	45	215	15	110	69.9	25 φ 3/4"	4.65	9.01	520.1
170.95	440	45	220	15	110	76.1	27 φ 3/4"	4.75	9.44	573.8
178.81	450	45	225	15	115	80.2	29 φ 3/4"	4.85	9.87	629.3
186.84	460	45	230	15	115	86.9	23 φ 7/8"	5.00	10.32	700.4
195.05	470	45	235	15	120	91.4	24 φ 7/8"	5.10	10.77	745.4
203.44	480	45	240	15	120	98.8	26 φ 7/8"	5.20	11.23	823.4
212.01	490	45	245	15	125	103.7	27 φ 7/8"	5.30	11.70	871.5
220.75	500	45	250	15	125	111.7	29 φ 7/8"	5.40	12.19	953.7

q_s = 1.00 kg/cm²

f_c = 200 kg/cm²
f_y = 4 200 kg/cm²

Figura 36. Nomograma

Fuente: Arnal H, Epelboim S (1984)

CARGA P ton	BASE		ESCALÓN		PEDESTAL	CABILLAS DE LA BASE (c/s)			VOLUMEN DE CONCRETO	PESO DE CABILLAS	$q_s = 1.50 \text{ kg/cm}^2$ $f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
	LADO cm	ALT cm	LADO cm	ALT cm	LADO min cm	ACERO FLEXION cm ²	CANTIDAD Y DIAMETRO	LARGO mts	mts ³	kg	
14.28	100	30			30	2.1	5 ϕ 3/8"	1.15	0.30	6.4	
17.28	110	30			30	3.0	5 ϕ 3/8"	1.20	0.36	6.7	
20.56	120	30			30	4.1	6 ϕ 3/8"	1.30	0.43	8.7	
24.13	130	30			35	5.0	7 ϕ 3/8"	1.40	0.51	11.0	
27.99	140	30			35	6.5	10 ϕ 3/8"	4.50	0.59	16.8	
32.13	150	30			40	7.7	11 ϕ 3/8"	1.60	0.68	19.7	
36.56	160	30			40	9.8	14 ϕ 3/8"	1.70	0.77	26.6	
41.27	170	30			45	11.3	16 ϕ 3/8"	1.80	0.87	32.2	
46.27	180	30			45	13.9	20 ϕ 3/8"	1.90	0.97	42.5	
51.55	190	30			50	15.8	13 ϕ 1/2"	2.10	1.08	54.3	
57.12	200	30			50	19.1	16 ϕ 1/2"	2.20	1.20	70.0	
62.97	210	30			55	21.4	17 ϕ 1/2"	2.30	1.32	77.7	
69.12	220	30			55	25.4	13 ϕ 5/8"	2.45	1.45	99.0	
75.54	230	30			60	28.2	15 ϕ 5/8"	2.55	1.59	118.9	
82.25	240	30			60	33.0	17 ϕ 5/8"	2.65	1.73	140.0	
89.25	250	30			65	36.3	19 ϕ 5/8"	2.75	1.87	162.4	
96.53	260	30			65	41.9	15 ϕ 3/4"	2.95	2.03	198.0	
104.10	270	30			70	45.8	17 ϕ 3/4"	3.05	2.19	232.0	
111.96	280	30			70	52.4	19 ϕ 3/4"	3.15	2.35	267.8	
120.09	290	30			75	56.9	20 ϕ 3/4"	3.25	2.52	290.8	
127.44	300	35			75	52.5	19 ϕ 3/4"	3.35	3.15	284.8	
136.00	310	35			80	56.7	20 ϕ 3/4"	3.45	3.36	308.7	
145.00	320	35			80	63.7	23 ϕ 3/4"	3.55	3.58	365.3	
154.20	330	35			85	68.5	25 ϕ 3/4"	3.65	3.81	408.3	
163.69	340	35			85	76.4	27 ϕ 3/4"	3.75	4.05	453.8	
173.46	350	35			90	81.8	29 ϕ 3/4"	3.85	4.29	499.5	
181.96	360	40			90	76.3	27 ϕ 3/4"	3.95	5.18	477.2	
192.21	370	40			95	81.4	29 ϕ 3/4"	4.05	5.48	525.5	
202.74	380	40			95	89.7	24 ϕ 7/8"	4.20	5.78	613.9	
213.55	390	40			100	95.4	25 ϕ 7/8"	4.30	6.08	654.7	
224.64	400	40			100	104.7	27 ϕ 7/8"	4.40	6.40	723.5	
236.01	410	40			105	110.9	29 ϕ 7/8"	4.50	6.72	794.7	
243.96	420	45	210	15	105	103.7	27 ϕ 7/8"	4.60	8.60	756.4	
255.72	430	45	215	15	110	109.5	29 ϕ 7/8"	4.70	9.01	830.1	
267.75	440	45	220	15	110	119.2	24 ϕ 1"	4.90	9.44	935.6	
280.06	450	45	225	15	115	125.6	25 ϕ 1"	5.00	9.87	994.5	
292.64	460	45	230	15	115	136.2	27 ϕ 1"	5.10	10.32	1095.5	
305.50	470	45	235	15	120	143.2	29 ϕ 1"	5.20	10.77	1199.8	
315.19	480	50	240	20	120	135.3	27 ϕ 1"	5.30	12.67	1138.5	
324.86	490	55	245	25	125	125.8	25 ϕ 1"	5.40	14.71	1074.1	
338.25	500	55	250	25	125	135.4	27 ϕ 1"	5.50	15.31	1181.5	

Figura 37. Nomograma

Fuente: Arnal H, Epelboim S (1984)

CARGA P ton	BASE		ESCALÓN		PEDESTAL	CABILLAS DE LA BASE (c/s)			VOLUMEN DE CONCRETO mts ³	PESO DE CABILLAS kgs
	LADO cm	ALT cm	LADO cm	ALT cm	LADO min cm	ACERO FLEXION cm ²	CANTIDAD Y DIAMETRO	LARGO mts		
19.28	100	30			30	2.8	5 φ 3/8"	1.15	0.30	6.4
23.33	110	30			30	4.0	6 φ 3/8"	1.20	0.36	8.0
27.76	120	30			30	5.6	8 φ 3/8"	1.30	0.43	11.6
32.58	130	30			35	6.7	10 φ 3/8"	1.40	0.51	15.7
37.79	140	30			35	8.8	13 φ 3/8"	1.50	0.59	21.8
43.38	150	30			40	10.4	15 φ 3/8"	1.60	0.68	26.8
49.36	160	30			40	13.2	19 φ 3/8"	1.70	0.77	36.1
55.72	170	30			45	15.2	13 φ 1/2"	1.90	0.87	49.1
62.47	180	30			45	18.8	15 φ 1/2"	2.00	0.97	59.6
69.60	190	30			50	21.3	17 φ 1/2"	2.10	1.08	71.0
77.12	200	30			50	25.8	14 φ 5/8"	2.25	1.20	97.9
85.02	210	30			55	28.9	15 φ 5/8"	2.35	1.32	109.6
93.32	220	30			55	34.3	18 φ 5/8"	2.45	1.45	137.1
101.99	230	30			60	38.1	20 φ 5/8"	2.55	1.59	158.5
110.36	240	35			60	36.4	19 φ 5/8"	2.65	2.02	156.5
119.00	250	40			65	33.7	18 φ 5/8"	2.75	2.50	153.8
128.71	260	40			65	39.0	20 φ 5/8"	2.85	2.70	177.2
138.00	270	40			70	42.6	15 φ 3/4"	3.05	2.92	204.7
149.27	280	40			70	48.7	18 φ 3/4"	3.15	3.14	253.7
160.13	290	40			75	52.9	19 φ 3/4"	3.25	3.36	276.3
171.36	300	40			75	59.9	22 φ 3/4"	3.35	3.60	329.7
182.97	310	40			80	64.7	23 φ 3/4"	3.45	3.84	355.0
194.97	320	40			80	72.7	26 φ 3/4"	3.55	4.10	413.0
207.35	330	40			85	78.1	28 φ 3/4"	3.65	4.36	457.2
217.67	340	45	170	15	85	74.9	27 φ 3/4"	3.75	5.64	453.0
228.83	350	50	175	20	90	70.2	25 φ 3/4"	3.85	6.74	430.6
242.09	360	50	180	20	90	77.9	28 φ 3/4"	3.95	7.13	494.8
255.73	370	50	185	20	95	83.1	30 φ 3/4"	4.05	7.53	543.6
269.74	380	50	190	20	95	91.6	24 φ 7/8"	4.20	7.94	613.9
284.12	390	50	195	20	100	97.4	26 φ 7/8"	4.30	8.37	680.9
298.88	400	50	200	20	100	106.9	28 φ 7/8"	4.40	8.80	750.3
314.01	410	50	205	20	105	113.2	30 φ 7/8"	4.50	9.25	822.2
329.52	420	50	210	20	105	123.7	25 φ 1"	4.70	9.70	934.8
345.39	430	50	215	20	110	130.7	26 φ 1"	4.80	10.17	992.9
358.74	440	55	220	25	110	126.4	25 φ 1"	4.90	11.86	974.6
372.19	450	60	225	30	115	119.7	24 φ 1"	5.00	13.67	954.7
388.92	460	60	230	30	115	129.8	26 φ 1"	5.10	14.28	1055.0
406.01	470	60	235	30	120	136.5	27 φ 1"	5.20	14.91	1117.0
423.48	480	60	240	30	120	147.4	30 φ 1"	5.30	15.55	1265.0
441.30	490	60	245	30	125	154.7	31 φ 1"	5.40	16.21	1331.8
459.50	500	60	250	30	125	166.6	33 φ 1"	5.50	16.87	1444.0

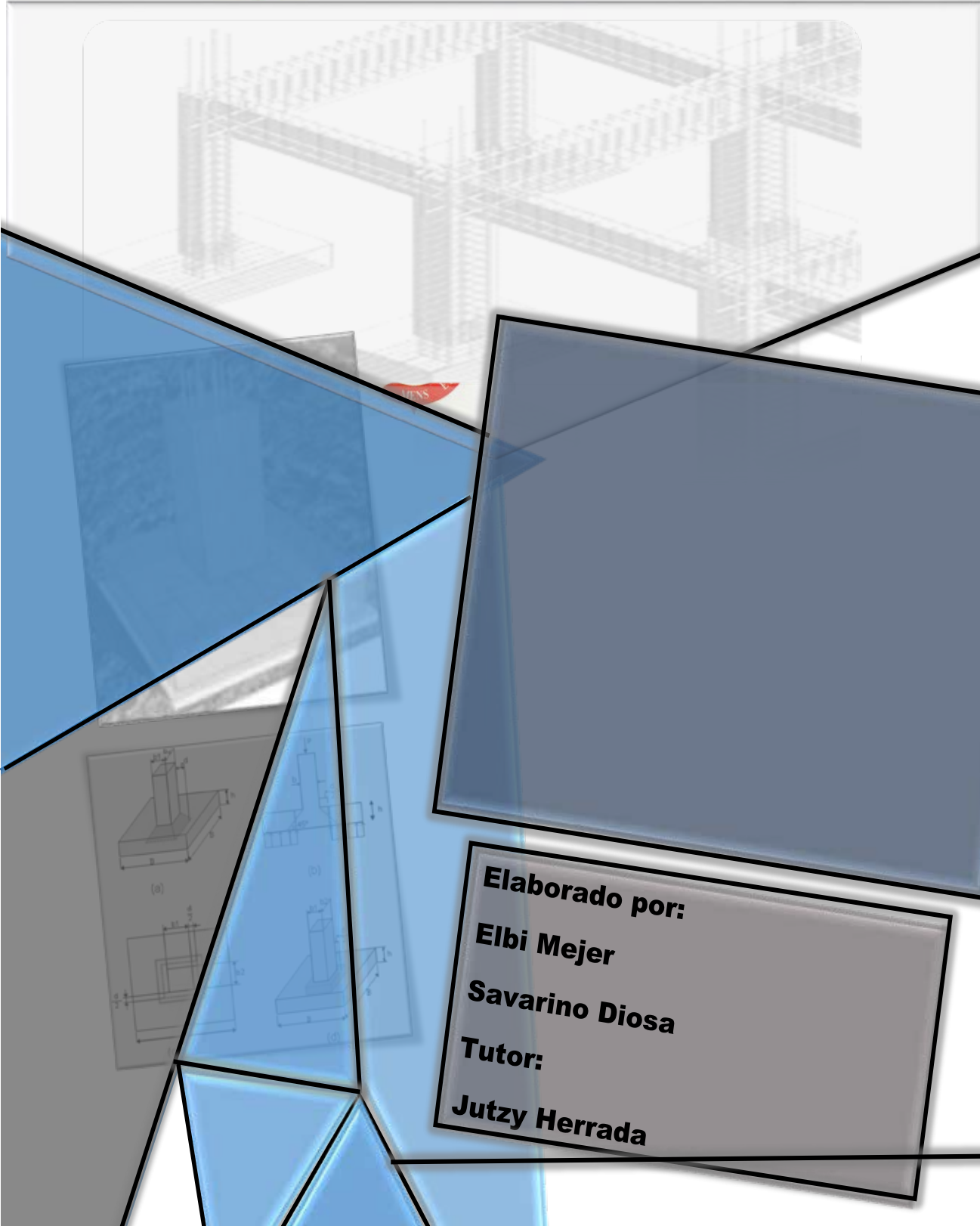
qs = 2.00 kg/cm²

f_c = 200 kg/cm²
f_y = 4 200 kg/cm²

Figura 38. Nomograma

Fuente: Arnal H, Epelboim S (1984)

APENDICE A
MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE FUNDACIONES SUPERFICIALES
TIPO CONCÉNTRICAS CON LA UTILIZACIÓN DE GRÁFICOS Y
NOMOGRAMAS



Elaborado por:
Elbi Mejer
Savarino Diosa
Tutor:
Jutzy Herrada

PRÓLOGO

Aquí se plantean antecedentes de éste trabajo de grado que aporta información a estudios que se realizaron y cuya información y base de datos fueron tomadas de diferentes autores que crean antecedentes de investigación para orientar la realización del presente trabajo.

Se entiende por fundación o cimentación como la parte de la estructura que se apoya sobre el terreno, que debe satisfacer la función estática de soportar el peso de las edificaciones, las estructuras garantizan seguridad y estabilidad, por lo tanto, tienen que cumplir normas de diseño y construcción. Existe la necesidad de crear un manual que permita optimizar el proceso de calcular fundaciones superficiales de tipo zapata concéntrica. Éste proyecto está realizado con la finalidad de cubrir pasos específicos necesarios para el diseño geotécnico y estructural que sirva como guía para Ingenieros Civiles, Arquitectos o personal capacitado en el área de construcciones civiles, es un instrumento didáctico y práctico con diseño del tipo de cimentaciones y así el proceso de cálculo.

Por lo tanto, en la actual investigación buscamos construir gráficos y nomogramas para cálculo y diseño de fundaciones superficiales de tipo zapata, considerando que la población de estudiantes de Ingeniería Civil, profesionales Ingenieros Civiles, Arquitectos y trabajadores del área de la construcción, puedan obtener el manual para consultar o verificar los resultados de cálculos.

Esta investigación tomó en cuenta lo establecido, del objetivo planteado en el estudio, recopilando la información necesaria para el Diseño de Fundaciones Superficiales Tipo Zapata, elaborando gráficos y nomogramas en el desarrollo geotécnico de las mismas.

Cabe destacar que éste trabajo ha sido realizado con los análisis de bases teóricas expuestas, así queda concluido el trabajo de la fase metodológica y definiendo así las variables y parámetros usados en diseños de gráficos y nomogramas para Calculo de Sistema de Fundaciones Superficiales de acuerdo a la Norma de Construcción.

ÍNDICE

CONTENIDO	Pg
INTRODUCCIÓN	4
CÁLCULO GEOTÉCNICO 1	5
Establecer Profundidad de Desplante (Df)	
Predimensionado del número de Golpes	
Cálculo de las Dimensiones	
Chequeo de la Excentricidad	
Cálculo de Asentamiento	
Asentamiento por Consolidación	
Chequeo de Capacidad de soporte	
Factor de carga	
Carga ultima total (Q'ult)	
Factor de seguridad por carga	
Factor de Seguridad por Esfuerzo	
CÁLCULO GEOTÉCNICO	20
Establecer Profundidad de Desplante (Df)	
Predimensionado del número de Golpes	
Cálculo de las Dimensiones	
Chequeo de la Excentricidad	
Cálculo de Asentamiento	
Asentamiento por Consolidación	
Chequeo de Capacidad de soporte	
Factor de carga	
Carga ultima total (Q'ult)	
Factor de seguridad por carga	
Factor de Seguridad por Esfuerzo	
GRÁFICOS GEOTÉCNICOS	30
ANEXOS	34

INTRODUCCIÓN

Esta investigación tiene como principal propósito de estudio el planteamiento de un Manual para el Cálculo de Fundaciones de Tipo Zapata, utilizando gráficos y nomogramas. En la investigación que se presenta se acoge a las Normas de Construcción con la finalidad de establecer una propuesta instructiva que esté específicamente concebida para los estudiantes de pregrado de Ingeniería Civil, profesionales Ingenieros Civiles, Arquitectos y trabajadores del área de la Construcción; De este modo, todo el planteamiento, cálculo y desarrollo de este manual de se fundamenta en una interrogante fundamental que da sentido y forma a todos nuestros planteamientos.

Esta pregunta, a buen seguro, se prestará a múltiples respuestas y a variados planteamientos, pero, en el caso que nos ocupa cabe destacar un tratamiento de ella que procede de nuestra formación como estudiantes de pregrado de Ingeniería Civil y futuros Ingenieros Civiles, ya en su estado teórico, ya en su estado práctico y, consecuentemente, en torno a la praxis de la construcción, de la forma como lo planteamos en las páginas de nuestra investigación.

De este modo, y atendiendo a las necesidades de una mejoría y de actualización de Diseño y Cálculos para Fundaciones Superficiales Tipo Zapata, utilizando gráficos y nomogramas, en el planteamiento hacemos notar la incorporación de los mismos, que, sin duda alguna, se une a la construcción.

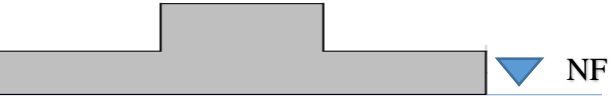
Así, el objetivo principal de este manual es el de lograr satisfacer las necesidades de un profesional como lo es el Ingeniero Civil.

A continuación, se explica de forma detalla el cálculo desarrollado para determinar las dimensiones de las zapatas concéntricas que son el caso de estudio en cimentaciones superficiales para lograr la elaboración de los gráficos y nomogramas.

CALCULO GEOTECNICO 1

DATOS

P = 70 Ton
Mx=12 Ton/m
My= 0Ton/m

	N	Z		
2	10	1		
	13	2	1,52 Ton/	
6	23	3		CH
	21	4		
	19	5	1,78 Ton/	
	23	6		
	22	7	0,60	
	20	8		
8	18	9		SW
	19	10	1,92 Ton/	
	35	11	Grado Saturación	
	40	12	2,68	
	38	13	μ	
	46	14	0,40	
	53	15	E	
	50	16	1019,38 Ton/	
			Arcilla Saturada	
			Arena Saturada	

Procedimiento:

1) Establecer Profundidad de Desplante (Df)

Si Para Superficiales.

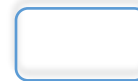
por ser el más desfavorable.

2) Predimensionado del número de Golpes

✓ Si se trata de una Arcilla "C"



Nota:
Redondear al
inferior



Con el valor de $\tilde{N} = N$ Numero de golpes busco en la Figura 1 y determino la densidad relativa ó consistencia de los suelos dependiendo del caso estudio.

Resistencia a la Penetración N° de golpes N	Densidad Relativa Suelos Arenosos	Consistencia Suelos Arcillosos
< 4	Muy Suelta	
4 a 10	Suelta	
11 a 30	Mediana	
31 a 50	Densa	
> 50	Muy Densa	
< 2		Muy Blanda
2 a 4		Blanda
5 a 8		Mediana
9 a 15		Firme
16 a 30		Muy Firme
>30		Dura

Figura1

Fuente: Fratelli, M (1993)

mediante esta consistencia y \tilde{N} entro en la Figura 2, me permite obtener el q_u (capacidad ultima del ensayo de corte), interpolando los factores.

Número de Penetración Estándar, N.	Consistencia	Resistencia a Compresión no confinada q_u (KN/)
0 - 2	Muy Blanda	0 - 25
2 - 5	Blanda	25 - 50
5 - 10	Medio Firme	50 - 100
10 - 20	Firme	100 - 200
20 - 30	Muy Firme	200 - 400
>30	Dura	>400

Figura 2 Consistencia de Arcillas y correlación aproximada con el número N de penetración Estándar.

Fuente: Braja M. Das (1999)

<u>Interpolación</u>	
20	200
21	X
30	400

Transformar unidades

Una vez obtenida la consistencia, se logra saber el tipo de suelo con que se va a trabajar. Para este caso estudio, se tiene un suelo de tipo **“Arcilla Muy Firme”**, sabiendo esto entro en la Figura 3 para Obtener la Capacidad Portante tomando en cuenta que se trabaja con el más desfavorable.

PESO ESPECIFICO Y CAPACIDAD PORTANTE			
CLASE DE SUELO	PESO ESPECIFICO (Kg/m3)	CAPACIDAD PORTANTE adm) (Kg/cm2)	
		SUELO SECO	SUELO SATURADO
Roca dura, estratificada, sana y compacta	2.800 a 3.000	60 a 100	-
Roca no estratificada, con algunas fisuras	2.700	40 a 50	-
Rocas estratificadas	2.600	25 a 30	-
Piedra caliza compacta	2.500	10 a 20	-
Piedra caliza porosa	2.000	8 a 10	-
Exquisitos o roca blanda	1.800 a 2.000	8	-
Grava con arena compacta	2.000	5 a 8	2 a 4
Arena gruesa firme y con algo de humedad	1.900 a 2.000	4 a 6	2
Arena gruesa seca	1.800	3 a 5	-
Arena fina húmeda	1.750	2 a 5	1 a 2
Arena fina seca	1.700	1 a 2	-
Arena arcillosa mediana y densa	1.900	2 a 3	0,5 a 1
Arena arcillosa seca y suelta	1.700	1 a 2	-
Arcilla dura compacta	1.800	4	-
Arcilla muy firme	1.800	2 a 3	-
Arcilla semidura	1.750	1 a 2	-
Arcilla mediana	1.700	0,5 a 1	-
Arcilla blanda	1.700	< a 0,5	-
Limos	1.700	< a 0,4	-
Fango, lodo o tuba inorgánica	900	-	-
Suelos orgánicos	1.600	-	-
Tierra vegetal seca	1.700	-	-
Rellenos sin consolidar	1.700	-	-

Figura 3. Propiedades Mecánicas y Características de los Suelos
Fuente: Maria Fratelli, 1993

P= Carga Axial

A=Área

Nota: 1kg
son 10Ton

Transformar unidades



Datos Conocidos $P = 70\text{Ton}$, $\sigma_{adm} = 20\text{Ton}/\text{m}^2$
Despejar y calcular A

Calculo de las Dimensiones

Donde:

B=Base

L = Longitud

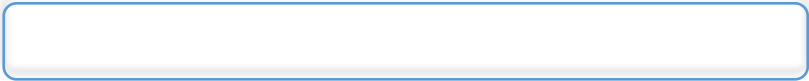


$$A = B * 1,5B$$

Redondear al
décimo mayor

3) Chequeo de la Excentricidad

Se debe Cumplir.



e = Excentricidad

M_y = Momento en el eje Y

M_x = Momento en el eje X

4) Calculo de Asentamiento

ü Asentamiento inmediato

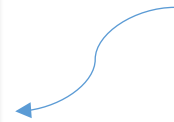
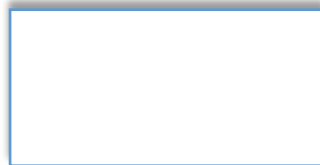
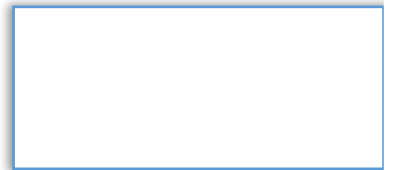
Ocurre en:

- ✓ Arenas Secas ó Saturadas
- ✓ Arcillas Secas

Caso Estudio: Arena Saturada



= 8m Profundidad del estrato en estudio =H



I_p = Profundidad del Estrato

E = Modulo de Elasticidad

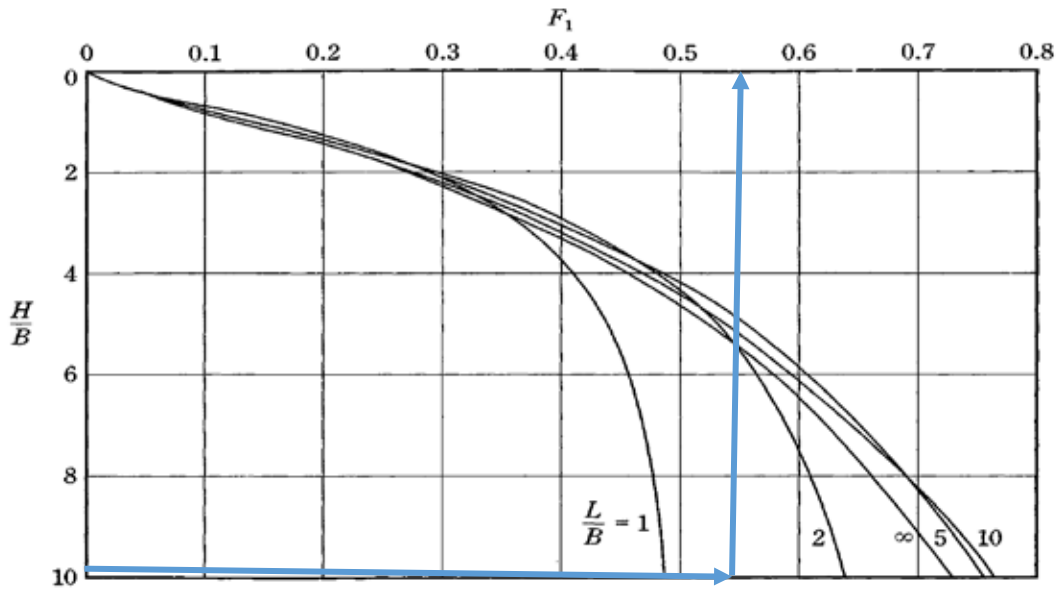


Figura 4 Variación de F_1 con H/B

Fuente: Braja M. Das (1999)

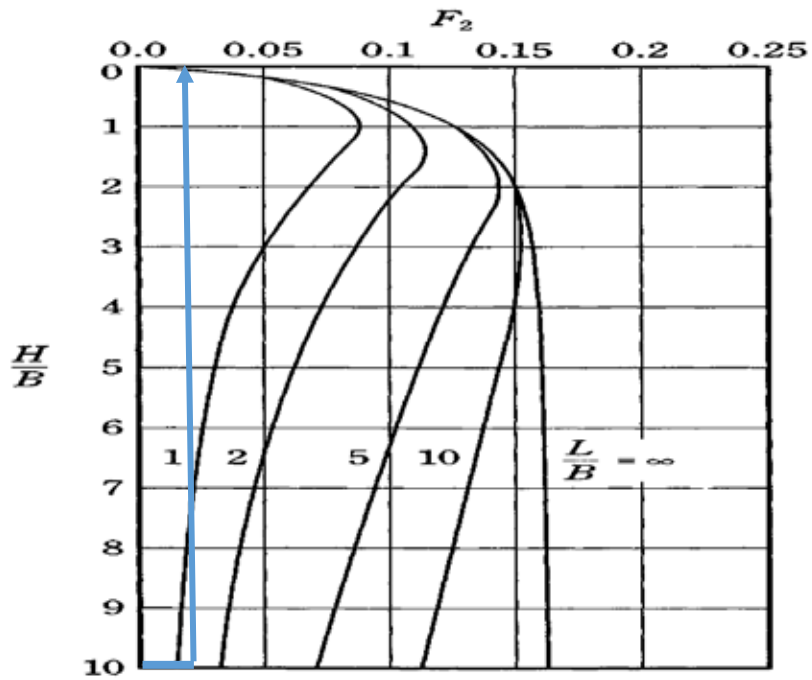
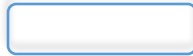
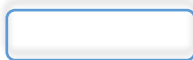
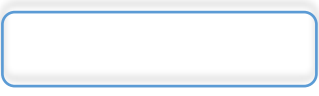
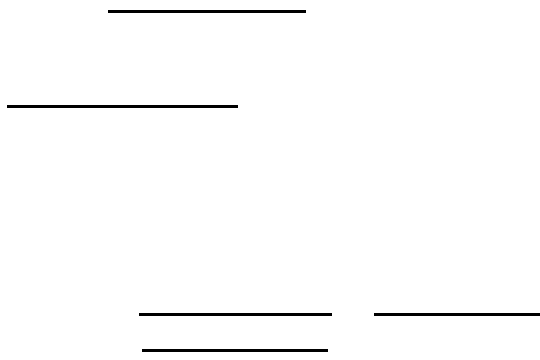


Figura 5 Variación de F_2 con H/B

Fuente: Braja M. Das (1999)





Ü Asentamiento por Consolidación

Ocurre en:

- ✓ Arcillas Húmedas y Saturadas



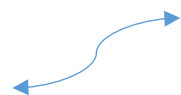
Calcular cada variable para obtener el asentamiento por consolidación

- = Altura del estrato
- = Relación de vacíos

Nota:
 σ_{v0} se calcula hasta
 la mitad del estrato

I=Influencia

Nota: Lados
 de la Zapata



En la Figura 6 entrar con los valores de $B/Z = m$ y $L/Z = n$ para obtener el valor de la Influencia.

Nota: Z = mitad del estrato estudiado más el relleno

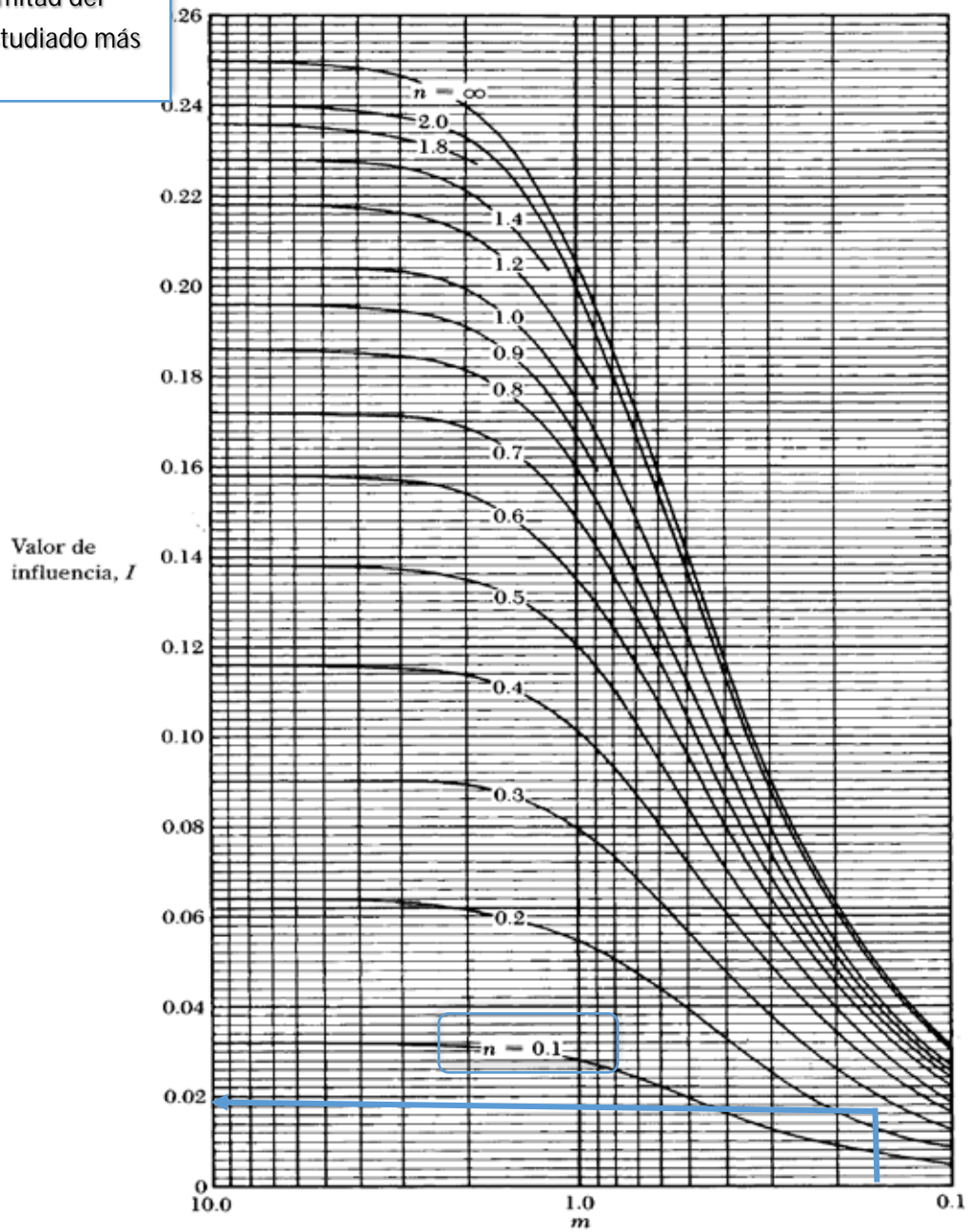
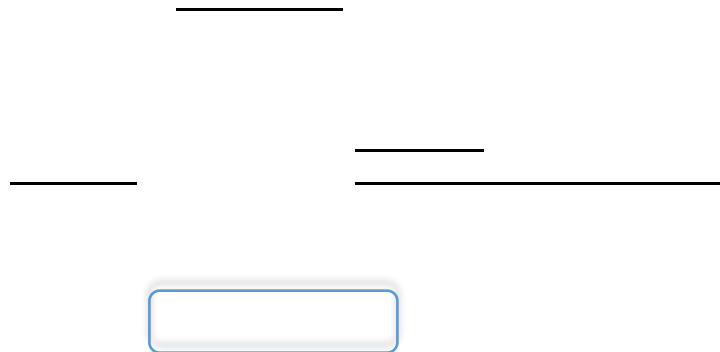


Figura 6 Variación de I con m y n

Fuente: Braja M, Das (1999)

Se calcula la variación del esfuerzo una vez obtenida la Influencia y la Carga Actuante en los cálculos anteriores.



Ü **Chequeo de los asentamientos**

Se debe cumplir la condición

Si $\sigma \leq \sigma_{adm}$ OK!

En caso de no cumplir:

Si $\sigma > \sigma_{adm}$ “Se deben aumentar las dimensiones.”

5) Chequeo de Capacidad de soporte

Ü **Determinar dimensiones efectivas**

$$B' = B - 2e$$

$$L' = L - 2e$$



Ü **Ecuación de la capacidad de soporte**

C = Cohesión del suelo sobre el que se apoya

Para calcular la Cohesión se necesita el **qu** calculado anteriormente.

— —

q= Carga del suelo encima del estrato en estudio



Peso unitario del estrato debajo de la fundación.

B'= Lado menor de la fundación

Factor de carga (se obtiene en la Figura 7 con el \emptyset)

Factores de Forma (Se obtiene en la Figura 8 con B' y L')

Factores de Profundidad (En la Figura 8 con B y L)

Factores de Inclinación. Serán igual a 1 si hay una carga axial aplicada

Factor de carga

Entrando en la figura 7 con el \emptyset se obtienen los valores correspondientes a los factores de cargas del suelo.



Calcular los Factores de Forma, Profundidad e Inclinación con las formulas de la Figura8

Factores de Forma

Factor de Profundidad

Factor de Inclinación

Fcs = 1,15

Fcd

--	--	--	--

 =

Fci = 1

Fqs = 1

Fqd = 1

Fqi = 1

= 0

= 0

1

Nota: Los Factores de inclinación dependerán de si hay o no carga aplicada y si las hay todas valen 1

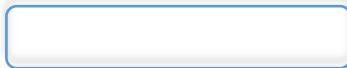
0	5.14	1.00	0.00
---	------	------	------

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					

Figura 7: Factores de capacidad de carga para la teoría de Meyerhof
Fuente: Braja M, Das (2012)

Nota: En el Factor de Forma Fqs, (B'/L') es multiplicado por TanØ

Al sustituir todos los valores para calcular la Capacidad de Soporte queda:



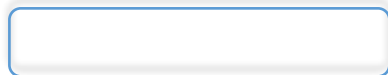
Factor	Relación	Fuente
Forma ^a	$F_{cs} = 1 + \frac{B N_c}{L N_c}$	De Beer (1970) Hansen (1970)
	$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$	
	$F_{ps} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$	
	donde L = longitud de la cimentación (L > B)	
Profundidad ^b	Condición (a): $D_f/B \leq 1$	Hansen (1970)
	$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D_f}{B}$	
	$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D_f}{B}$	
	$F_{pd} = 1$	
	Condición (b): $D_f/B > 1$	
	$F_{cd} = 1 + (0.4) \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$	
Inclinación	$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$	Meyerhof (1963); Hanna y Meyerhof (1981)
	$F_{pd} = 1$	
	$F_{cd} = F_{qd} = \left(1 - \frac{\beta^2}{90^\circ} \right)^2$	
	$F_{pd} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi} \right)^2$	
	donde β = inclinación de la carga sobre la cimentación con respecto a la vertical	

^a Estos factores de forma son relaciones empíricas basadas en numerosas pruebas de laboratorio.
^b El factor $\tan^{-1} (D_f/B)$ está en radianes.

Figura 8 Factores de Forma, Profundidad e Inclinación recomendados.

Fuente: Braja M, Das (1999)

6) Carga ultima total (Q'ult)



7) Factor de seguridad por carga

Se debe cumplir que _____

$$Q_{total} = P + Q_{suelo}$$

1,78Ton/

8) Factor de Seguridad por Esfuerzo

Qsuelo= q

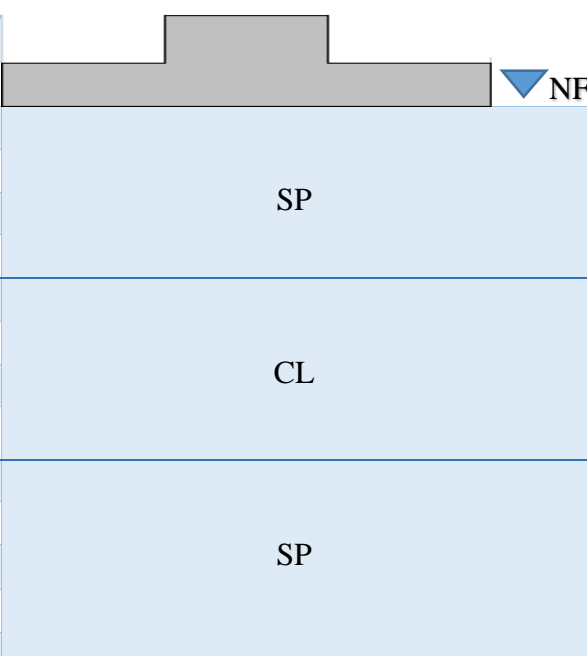
q_{máx} = — ————)

CALCULO GEOTECNICO 2

DATOS

P = 100 Ton = 100.000 Kg

Mx = 07 Ton.m = 7.000 Kg.m

	N	Z		
2	8	1	Relleno	
	12	2	= 1,76 Ton/	
4	10	3	= 1,86 Ton/	SP
	16	4	$\mu = 0,20$	
	14	5		
	11	6	E=2040,6 Ton/	
4	16	7	= 1,95 Ton/	CL
	17	8	= 0,783	
	16	9		
	19	10		
5	31	11		SP
	41	12	= 1,92 Ton/	
	39	13		
	53	14		
	59	15		

1) Establecer Profundidad de Desplante (Df)

Si Para Superficiales.

por ser el más desfavorable

2) Predimensionado del número de Golpes

✓ Si se trata de una arena,

Existen dos (2) formas:

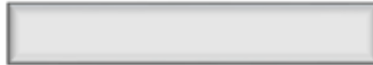
ü **Terzaghi**

Se deben Cumplir tres (3) condiciones simultaneas:

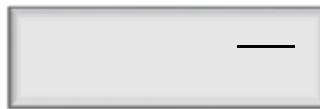
- ✓ Debe ser una Arena Fina ó Limosa
- ✓ El suelo debe estar saturado
- ✓ $N > 15$ ✗

En este caso no cumple la condición del número de golpes mayores a 15, por lo tanto, calculo por medio de Peck.

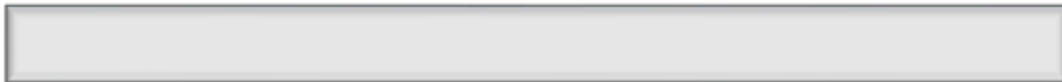
ü **Peck**



Donde se calcula CN por nivel de estrato



El se debe calcular para el estrato completo y en cada uno de los nivel del estrato en estudio.



Una vez sustituidos los valores correspondiente en la formula obtengo los siguientes valores del cálculo del para cada nivel del estrato.

relleno(Ton/m3)	Df(m)	estrato(Ton/m3)	agua(Ton/m3)	h _{zn}	zn(Ton/m2)
1,76	2	1,86	1	1	4,38
				2	5,24
				3	6,10
				4	6,96

Nota: Debe cumplirse que

Se procede a calcular el valor de CN con su respectiva formula, a partir de los obtenidos por nivel de estrato.

Zn	zn(Ton/m2)	CNzn
3	4,38	1,28
4	5,24	1,22
5	6,10	1,17
6	6,96	1,12

Con los valores de CN se obtiene el número de golpes corregido (Ncorr)

Zn	CN _{zn}	N _{zn}	Ncorr _{zn}
3	1,28	10	12,78
4	1,22	16	19,49
5	1,17	14	16,34
6	1,12	11	12,35

Se promedia para obtener

Seguidamente en la tabla 1 (Ver Anexos) con el número de golpes consigue las características del suelo,

Resistencia a la Penetración N° de golpes N	Densidad Relativa Suelos Arenosos	Consistencia Suelos Arcillosos
11 a 30	Mediana	

Para este caso estudio, se tiene un suelo de tipo **“Arena Arcillosa Mediana”**

En la tabla 3 de Propiedades Mecánicas y Características de los Suelos (Ver Anexos) obtengo la Capacidad Portante del suelo con la clase de suelo obtenido

Se trabaja con el más desfavorable.

Transformar unidades

Teniendo los valores de la capacidad portante del suelo y la carga axial puede obtener el área.



Se calcula el área



Datos Conocidos $P = 70\text{Ton}$,
 $\sigma_{adm} = 10\text{Ton}/\text{m}^2$ Despejar y calcular A



A partir del Área
Calcula la base de la
zapata

Calculo de las dimensiones:

Donde:

B=Base

L = Longitud



$$A = B * 1,5B$$

se procede al cálculo de sus dimensiones de base (B) y longitud (L), con la fórmula del área de una zapata.

Base	Longitud
2,20 m	3,30 m

3) Chequeo de la Excentricidad

$$e_{Menor} = \frac{My}{P} \quad e_{Menor} \leq \frac{B}{6}$$

$$e_{Mayor} = \frac{Mx}{P} \quad e_{Mayor} \leq \frac{L}{6}$$

e = Excentricidad

My = Momento en el eje Y

Mx = Momento en el eje X

4) Calculo de Asentamiento

Ü Asentamiento inmediato

Ocurre en:

- ✓ Arenas Secas ó Saturadas
- ✓ Arcillas Secas

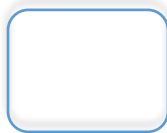
Caso estudio: Arena Saturadas hacer los dos cálculos de asentamientos para los dos estratos de arena SP



= Profundidad del estrato en estudio $H=4m$ + Relleno

Nota: Se trabaja con el estrato estudiado más el relleno entre 2.

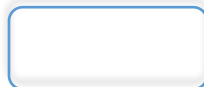
Se Calcularon – – para obtener de la figura 4 y 5 (Ver Anexo) el valor respectivo de las variaciones de F1 y F2.



Una vez obtenidos las variaciones respectivas, se procede a calcular la Profundidad del Estrato (I_p)



Al sustituir los valores obtengo:



Se debe calcular la carga actuante.



Sustituyendo en la fórmula de Asentamiento inmediato el valor de cada variable obtenido, consigue calcular:

Recordar: Como se tienen dos estratos de arenas saturadas se debe calcular el Asentamiento para cada estrato

Datos:

$F_1 = 0,55$ $F_2 = 0,02$

$lp = 0,57$

$q_{act} = 9,642 \text{ Ton/m}^2$

Ü Asentamiento por Consolidación

Ocurre en:

✓ Arcillas Húmedas y Saturadas

Caso estudio: Arcillas Saturadas

Se debe chequear el asentamiento hasta una profundidad de $2,5B$

= Altura del estrato

= Relación de vacíos

Se calcula el índice de compresión del suelo sustituyendo la relación de vacíos inicial del estrato.

Se Calcula la Influencia por medio de la figura 6 con los valores de m y n.

Dónde: $B/Z = m$ y $L/Z = n$

Mediante estos valores se obtiene la Influencia (I), tratando de ser lo más exacto posible a la hora de elegir el valor en la figura 6 (ver Anexo).

A partir de la Influencia total y el esfuerzo actuante voy a obtener el incremento Promedio de la presión sobre el estrato

Para el cálculo del asentamiento consolidado.

Ü **Chequeo de los asentamientos**

Para el chequeo de asentamientos se deben tomar en cuenta todos los asentamientos estudiados en el estrato.

En el caso estudio se obtuvieron dos asentamientos inmediatos ya que era una arena saturada.

Si

Tener en cuenta

Si $\rho_t < \rho_{M\acute{a}x}$ OK!

Si $\rho_t > \rho_{M\acute{a}x}$ se deben aumentar las dimensiones.

5) Chequeo de Capacidad de soporte

Ü **Determinar dimensiones efectivas**

A partir de las dimensiones de la zapata calcula B' y L'

$$B' = B - 2*$$

$$L' = L - 2*$$

Ü **Ecuación de la capacidad de soporte**

Para las Arenas $C = 0$ y $\phi \neq 0$

C= Cohesión del suelo sobre el que se apoya

q= Carga del suelo encima del estrato en estudio

B'	2,20 m
L'	3,10 m

Peso unitario del estrato debajo de la fundación. :

B'= Lado menor de la fundación

Factor de carga (se obtiene en la Figura 7 (ver anexo) con el valor de ϕ)

Para el cálculo del Angulo máximo de fricción se usó la fórmula:

Se trabaja con un ángulo de fricción entero superior, debido a que el mayor grado de fricción que tenga el estrato, es más desfavorable para la estructura.

c			
30	30.14	18.40	22.40
31	32.67	20.63	25.99
32	35.49	23.18	30.22

$$N_c = 0 \quad N_q = 23,18 \quad = 30,22$$

Factores de Forma (Se obtiene en la Figura 8 con B' y L')

Factores de Profundidad (En la Figura 8 con B y L)

Factores de Inclinación. Serán igual a 1 si hay una carga axial aplicada

Calcular los Factores de Forma, Profundidad e Inclinación con las formulas de la Figura8

Factores de Forma

Factor de Profundidad

Factor de Inclinación

$$F_{cs} = 0$$

$$F_{cd} = 0$$

$$F_{ci} = 0$$

$$F_{qs} = 1,47$$

$$F_{qd} = 1,84$$

$$F_{qi} = 1$$

$$= 0,72$$

$$= 1$$

$$1$$

Nota: Los Factores de inclinación dependerán de si hay o no carga aplicada y si las hay todas valen 1

Nota: En el Factor de Forma F_{qs} , (B'/L') es multiplicado por $\tan \phi$

Sustituyendo todos los valores en la fórmula de capacidad de soporte, obtengo:

6) Carga ultima total (Q'ult)

7) Factor de seguridad por carga

Se debe cumplir que _____

$$Q_{total} = P + Q_{suelo}$$

8) Factor de Seguridad por Esfuerzo

$$Q_{suelo} = q$$

$$q_{m\acute{a}x} = \text{---} \text{---} \text{---})$$

Gráficos Geotécnicos

A continuacion, se presentan graficos y nomograms (ver anexo) que fueron elaborados de los calculos geotecnicos para un suelo de arena y un suelo de arcilla, a partir de la carga axial (P) con valores desde 70Ton hasta 150Ton para obtener las dimensiones de las fundaciones superficiales.

Tipo de suelo Arcilla

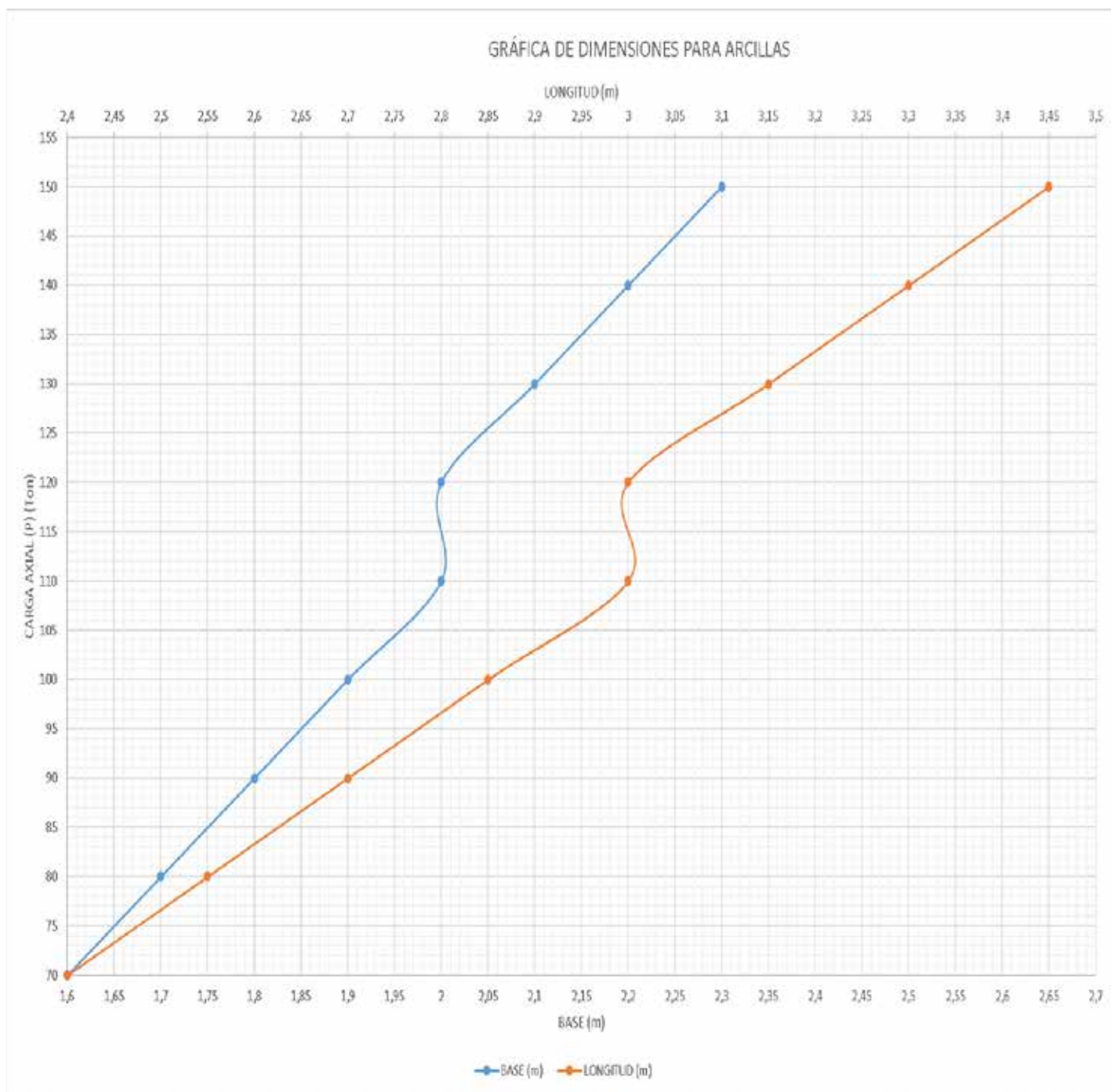


Gráfico 1 Cálculo de Dimensiones para Suelos Arcillosos a partir de la Carga Axial (P)

Fuente: Elbi, Savarino (2020)

Tipo de Suelo: Arena

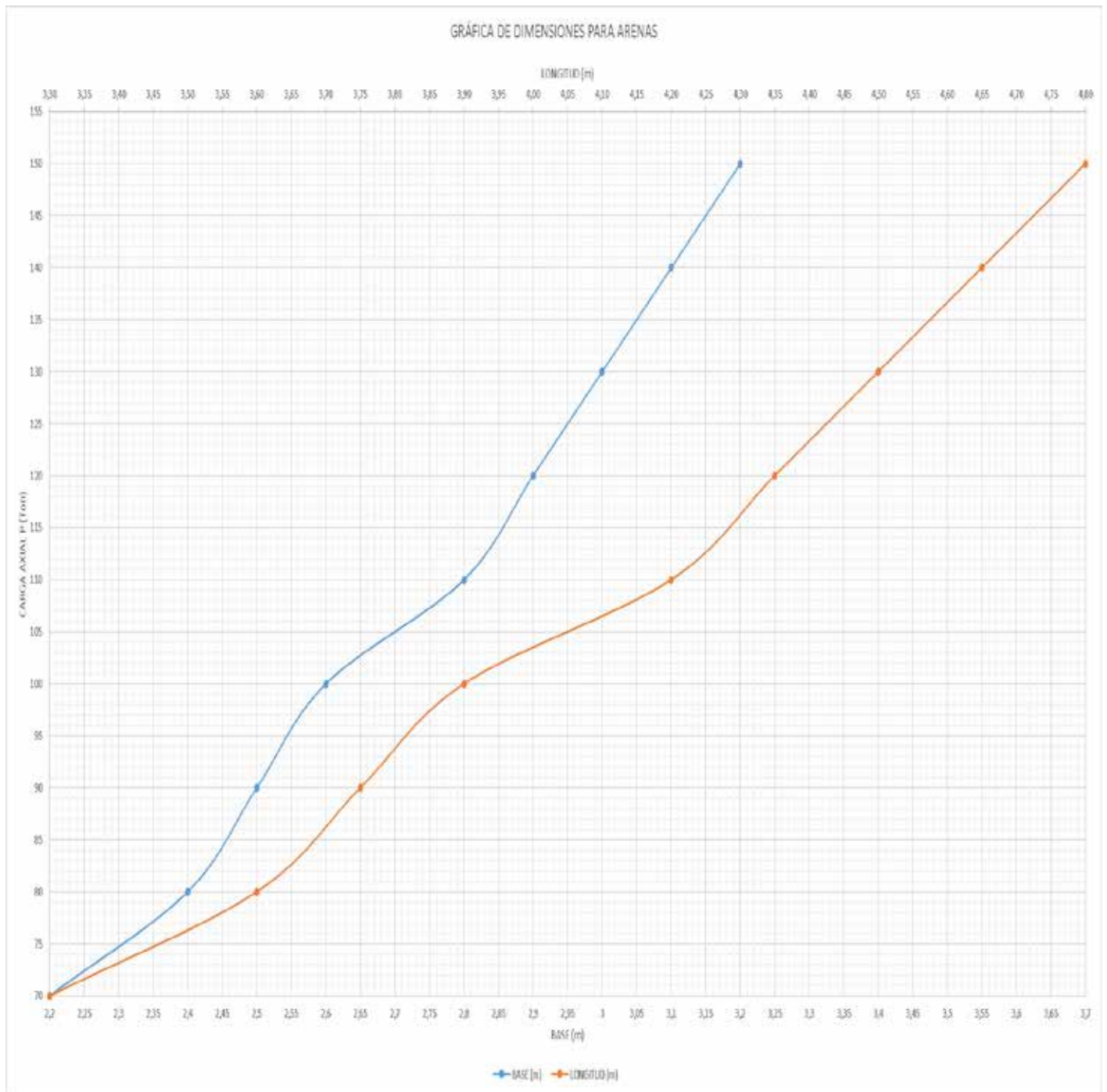


Gráfico 2 Cálculo de Dimensiones para Suelos Arenosos a partir de la carga axial (P)

Fuete: Elbi, Savarino (2020)

Anexos

Resistencia a la Penetración N° de golpes N	Densidad Relativa Suelos Arenosos	Consistencia Suelos Arcillosos
< 4	Muy Suelta	
4 a 10	Suelta	
11 a 30	Mediana	
31 a 50	Densa	
> 50	Muy Densa	
< 2		Muy Blanda
2 a 4		Blanda
5 a 8		Mediana
9 a 15		Firme
16 a 30		Muy Firme
>30		Dura

Figura 1

Fuente: Fratelli, M (1993)

Número de Penetración Estándar, N.	Consistencia	Resistencia a Compresión no confinada qu (KN/)
0 - 2	Muy Blanda	0 - 25
2 - 5	Blanda	25 - 50
5 - 10	Medio Firme	50 - 100
10 - 20	Firme	100 - 200
20 - 30	Muy Firme	200 - 400
>30	Dura	>400

Figura 2 Consistencia de Arcillas y correlación aproximada con el número N de penetración Estándar.

Fuente: Braja M. Das (1999)

PESO ESPECIFICO Y CAPACIDAD PORTANTE			
CLASE DE SUELO	PESO ESPECIFICO (Kg/m³)	CAPACIDAD PORTANTE adm) (Kg/cm²)	
		SUELO SECO	SUELO SATURADO
Roca dura, estratificada, sana y compacta	2.800 a 3.000	60 a 100	-
Roca no estratificada, con algunas fisuras	2.700	40 a 50	-
Rocas estratificadas	2.600	25 a 30	-
Piedra caliza compacta	2.500	10 a 20	-
Piedra caliza porosa	2.000	8 a 10	-
Exquisitos o roca blanda	1.800 a 2.000	8	-
Grava con arena compacta	2.000	5 a 8	2 a 4
Arena gruesa firme y con algo de humedad	1.900 a 2.000	4 a 6	2
Arena gruesa seca	1.800	3 a 5	-
Arena fina húmeda	1.750	2 a 5	1 a 2
Arena fina seca	1.700	1 a 2	-
Arena arcillosa mediana y densa	1.900	2 a 3	0,5 a 1
Arena arcillosa seca y suelta	1.700	1 a 2	-
Arcilla dura compacta	1.800	4	-
Arcilla muy firme	1.800	2 a 3	-
Arcilla semidura	1.750	1 a 2	-
Arcilla mediana	1.700	0,5 a 1	-
Arcilla blanda	1.700	< a 0,5	-
Limos	1.700	< a 0,4	-
Fango, lodo o tuba inorgánica	900	-	-
Suelos orgánicos	1.600	-	-
Tierra vegetal seca	1.700	-	-
Rellenos sin consolidar	1.700	-	-

Figura 3. Propiedades Mecánicas y Características de los Suelos
Fuente: Maria Fratelli, 1993

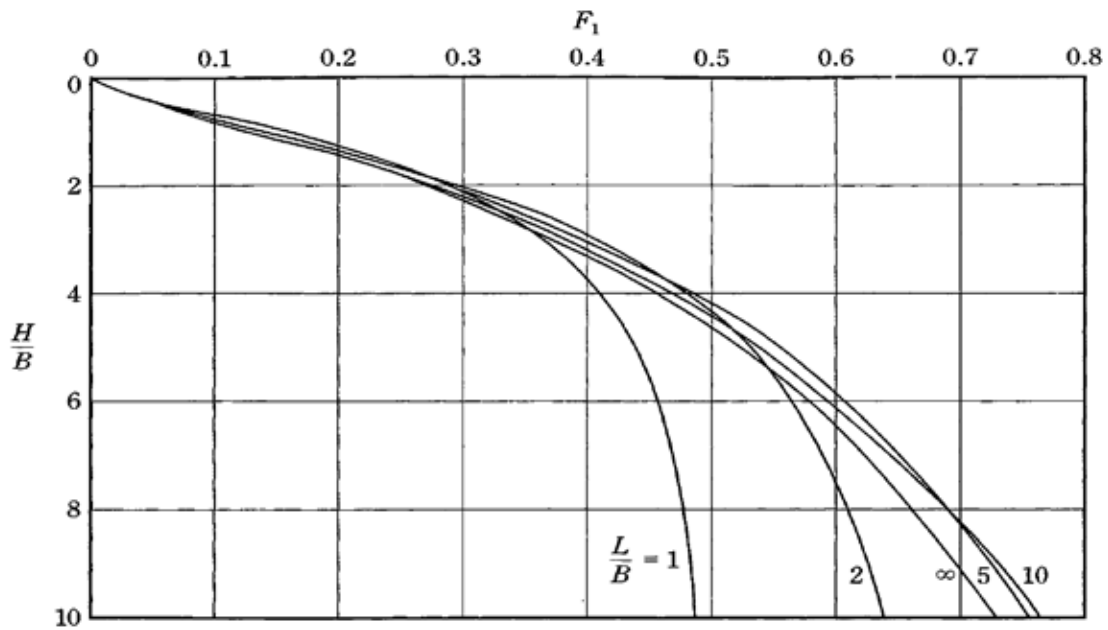


Figura 4 Variación de F_1 con H/B

Fuente: Braja M. Das (1999)

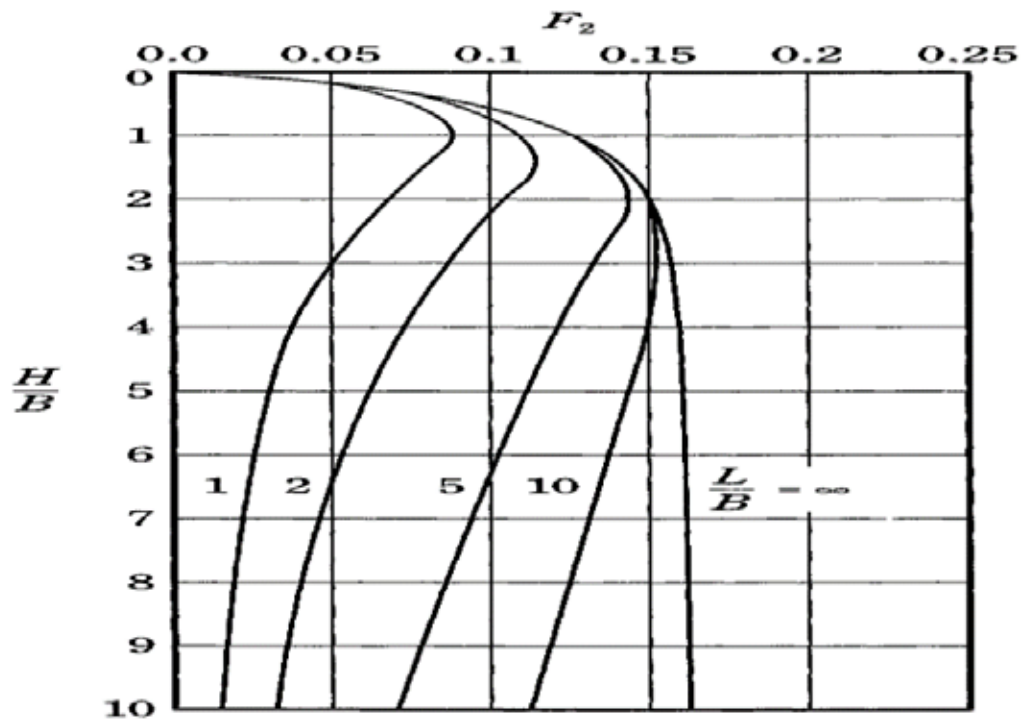


Figura 5 Variación de F_2 con H/B

Fuente: Braja M. Das (1999)

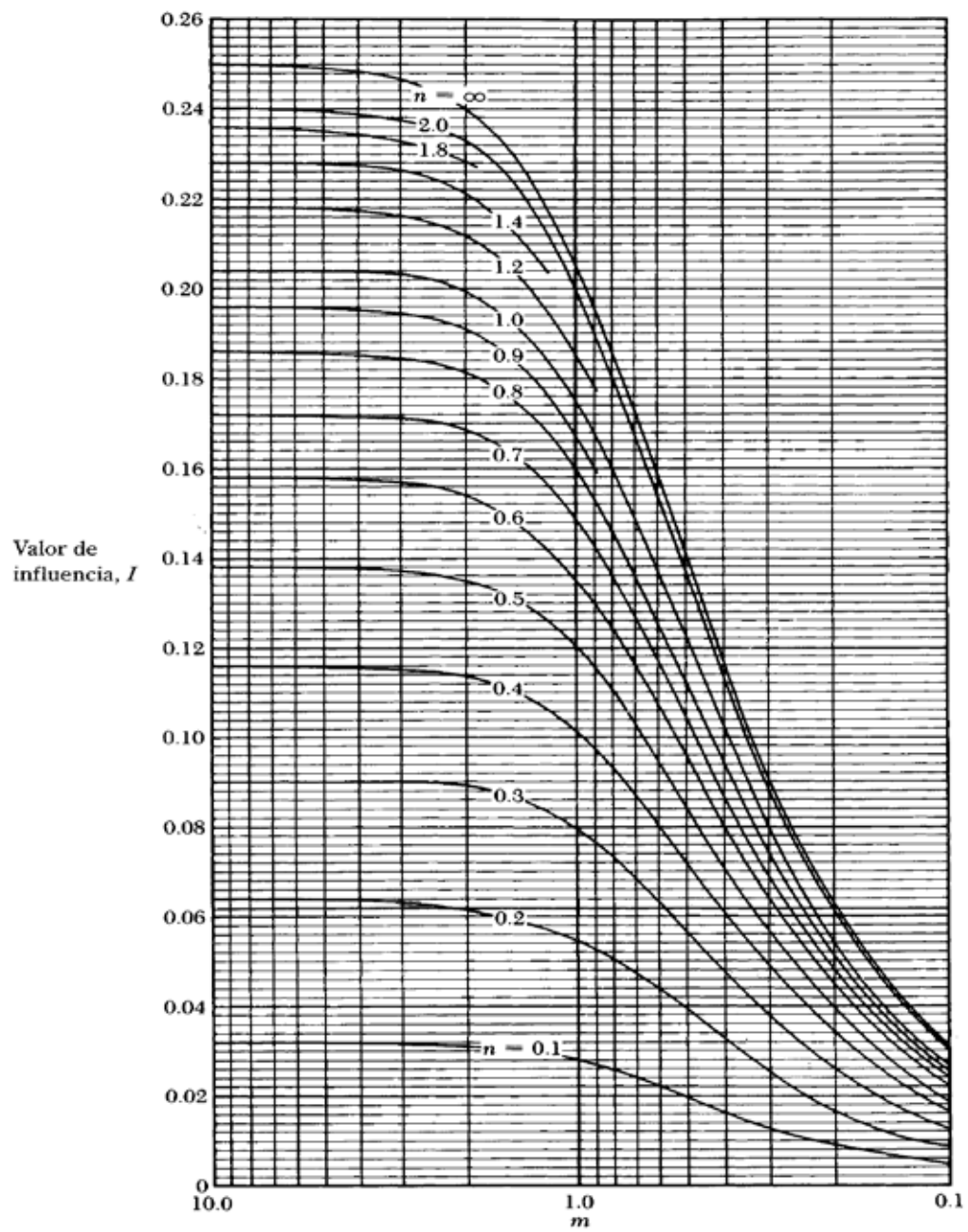


Figura6 Variación de I con m y n

Fuente: Braja M, Das (1999)

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					

Figura 7: Factores de capacidad de carga para la teoría de Meyerhof
Fuente: Braja M, Das (2012)

Factor	Relación	Fuente
Forma ^a	$F_{cs} = 1 + \frac{B N_c}{L N_c}$	De Beer (1970) Hansen (1970)
	$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L \tan \phi}$	
	$F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$	
donde L = longitud de la cimentación ($L > B$)		
Profundidad ^b	Condición (a): $D_f/B \leq 1$	Hansen (1970)
	$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D_f}{B}$	
	$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \text{sen } \phi)^2 \frac{D_f}{B}$	
	$F_{\gamma d} = 1$	
	Condición (b): $D_f/B > 1$	
	$F_{cd} = 1 + (0.4) \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$	
	$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \text{sen } \phi)^2 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$	
	$F_{\gamma d} = 1$	
Inclinación	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ} \right)^2$	Meyerhof (1963); Hanna y Meyerhof (1981)
	$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi} \right)^2$	
donde β = inclinación de la carga sobre la cimentación con respecto a la vertical		
^a Estos factores de forma son relaciones empíricas basadas en numerosas pruebas de laboratorio.		
^b El factor $\tan^{-1} (D_f/B)$ está en radianes.		

Figura 8 Factores de Forma, Profundidad e Inclinación recomendados.

Fuente: Braja M, Das (1999)

NOMOGRAMA GEOTECNICO

TIPO DE SUELO	CARGA AXIAL (P) (Ton)	(Ton/m ²)	ÁREA (m ²)	D		Excentricidades		Asentamientos			D Efectivas (m)		Carga Ultima (Ton/m ²)	Carga Ultima Total (Ton)	Factor de Seguridad por Carga	Factor de Seguridad respecto al q _{max}
				B (m)	L (m)	eMenor	eMayor	A inmed (cm)	A Consoli (cm)	A Total (cm)	B'	L'				
Arcilla	70	20,00	3,50	1,60	2,40	0,00	0,171	2,70	2,40	5,10	1,60	2,06	96,48	317,54	3,80	3,26
	80	20,00	4,00	1,70	2,55	0,00	0,150	2,90	2,60	5,50	1,70	2,25	92,82	355,04	3,72	3,25
	90	20,00	4,50	1,80	2,70	0,00	0,133	3,10	3,00	6,10	1,80	2,43	91,92	402,61	3,75	3,33
	100	20,00	5,00	1,90	2,85	0,00	0,120	3,20	3,50	6,70	1,90	2,61	90,43	448,43	3,76	3,39
	110	20,00	5,50	2,00	3,00	0,00	0,109	3,40	3,70	7,10	2,00	2,78	95,55	531,61	4,05	3,69
	120	20,00	6,00	2,00	3,00	0,00	0,100	3,70	4,00	7,70	2,00	2,80	95,48	534,68	3,78	3,46
	130	20,00	6,50	2,10	3,15	0,00	0,092	3,80	4,20	8,00	2,10	2,97	94,07	585,81	3,82	3,53
	140	20,00	7,00	2,20	3,30	0,00	0,086	3,90	4,70	8,60	2,20	3,13	92,68	637,92	3,85	3,59
	150	20,00	7,50	2,30	3,45	0,00	0,080	4,00	5,00	9,00	2,30	3,29	91,97	695,90	3,91	3,66

TIPO DE SUELO	CARGA AXIAL (P) (Ton)	ÁREA (m ²)	Dimensiones		Excentricidades		Asentamientos				Dimensiones Efectivas (m)		Carga Última (Ton/m ²)	Carga Última Total	Factor de Seguridad por Carga	Factor de Seguridad respecto al q_{max}	
			B (m)	L (m)	eMenor	eMayor	Asentamiento inmediato (cm)		Asentamiento Consolidación (cm)	Asentamiento Total (cm)	B'	L'					
							1	2									
Arena	70	10,00	7,00	2,20	3,30	0,00	0,100	1,13	1,00	0,96	3,09	2,20	3,10	240,60	1640,90	17,46	16,13
	80	10,00	8,00	2,40	3,60	0,00	0,088	1,18	1,00	1,17	3,35	2,40	3,43	233,37	1918,30	17,61	16,52
	90	10,00	9,00	2,50	3,75	0,00	0,078	1,28	1,00	1,46	3,74	2,50	3,59	230,22	2068,80	17,01	16,08
	100	10,00	10,00	2,60	3,90	0,00	0,070	1,36	1,00	1,50	3,86	2,60	3,76	227,47	2223,70	16,55	15,75
	110	10,00	11,00	2,80	4,20	0,00	0,064	1,39	1,00	1,66	4,05	2,80	4,07	223,04	2543,50	16,95	16,25
	120	10,00	12,00	2,90	4,35	0,00	0,058	1,47	1,00	1,77	4,24	2,90	4,23	221,11	2714,50	16,63	16,03
	130	10,00	13,00	3,00	4,50	0,00	0,054	1,54	1,00	1,87	4,41	3,00	4,39	219,40	2891,10	16,40	15,85
	140	10,00	14,00	3,10	4,65	0,00	0,050	1,60	1,00	2,13	4,73	3,10	4,55	217,89	3073,30	16,21	15,72
	150	10,00	15,00	3,20	4,80	0,00	0,047	1,66	1,00	2,23	4,89	3,20	4,71	216,54	3261,40	16,07	15,63

<i>f'c = 200 kg/</i>						<i>f'y = 2800 kg/</i>							
CARGA AXIAL (Ton)	ESFUERZO ADMISIBLE (Ton/m2)	ÁREA		Df	PEDES (cm)	CORTE (Ton)		PUNZONAD (Ton)		CABILLAS DE LA BASE			
		B (m)	L (m)			Vu	Vuconreto	Pu	Pc	ACERO (cm2)	CANTI DAD	DIAME TRO	SEPARACIÓN (Cm)
70	10	2,70	2,70	26,50	30,31	40,22	90,13	91,17	50,00	36,65	19	5/8"	14
80	10	2,90	2,90	31,50	34,18	51,35	103,15	115,45	50,00	39,04	20	5/8"	14
90	10	3,10	3,10	36,50	38,00	63,61	116,19	141,99	50,00	41,62	22	5/8"	14
100	10	3,20	3,20	36,50	43,09	65,66	129,77	141,99	50,00	48,31	25	5/8"	13
110	10	3,40	3,40	36,50	48,01	69,76	142,85	150,20	55,00	55,72	20	6/8"	17
120	10	3,60	3,60	41,50	51,80	83,99	155,93	180,10	55,00	57,83	21	6/8"	17
130	10	3,70	3,70	41,50	57,06	86,32	169,62	180,10	55,00	65,02	23	6/8"	16
140	10	3,90	3,90	41,50	62,07	90,98	182,72	189,43	60,00	72,91	26	6/8"	15
150	10	4,00	4,00	46,50	64,84	104,56	195,11	222,71	60,00	72,16	26	6/8"	15

<i>f'c = 200 kg/</i>						<i>f'y = 3500 kg/</i>							
CARGA AXIAL (Ton)	ESFUERZO ADMISIBLE (Ton/m2)	ÁREA		Df	PEDES (cm)	CORTE (Ton)		PUNZONAD (Ton)		CABILLAS DE LA BASE			
		B (m)	L (m)			Vu	Vuconreto	Pu	Pc	ACERO (cm2)	CANTI DAD	DIAME TRO	SEPARACIÓN (Cm)
70	10	2,70	2,70	26,50	30,31	40,22	90,13	91,17	50,00	29,32	15	5/8"	18
80	10	2,90	2,90	31,50	34,18	51,35	103,15	115,45	50,00	31,23	16	5/8"	18
90	10	3,10	3,10	36,50	38,00	63,61	116,19	141,99	50,00	33,29	17	5/8"	18
100	10	3,20	3,20	36,50	43,09	65,66	129,77	141,99	50,00	38,65	20	5/8"	16
110	10	3,40	3,40	36,50	48,01	69,76	142,85	150,20	55,00	44,58	23	5/8"	15
120	10	3,60	3,60	41,50	51,80	83,99	155,93	180,10	55,00	46,27	24	5/8"	15
130	10	3,70	3,70	41,50	57,06	86,32	169,62	180,10	55,00	52,02	27	5/8"	14
140	10	3,90	3,90	41,50	62,07	90,98	182,72	189,43	60,00	58,33	30	5/8"	13
150	10	4,00	4,00	46,50	64,84	104,56	195,11	222,71	60,00	57,72	30	5/8"	13

<i>f'c = 200 kg/</i>						<i>f'y = 4200 kg/</i>							
CARGA AXIAL (Ton)	ESFUERZO ADMISIBLE (Ton/m ²)	ÁREA		Df	PEDES (cm)	CORTE (Ton)		PUNZONAD (Ton)		CABILLAS DE LA BASE			
		B (m)	L (m)			Vu	Vuconc reto	Pu	Pc	ACERO (cm ²)	CANTI DAD	DIAME TRO	SEPARACIÓN (Cm)
70	10	2,70	2,70	26,50	30,31	42,22	90,13	91,17	50,00	24,43	20	1/2"	14
80	10	2,90	2,90	31,50	34,18	51,35	103,15	115,45	50,00	26,03	21	1/2"	14
90	10	3,10	3,10	36,50	38,00	63,61	116,19	141,99	50,00	27,74	22	1/2"	14
100	10	3,20	3,20	36,50	43,09	65,66	129,77	141,99	50,00	32,21	26	1/2"	12
110	10	3,40	3,40	36,50	48,01	69,76	142,85	150,20	55,00	37,15	19	5/8"	18
120	10	3,60	3,60	41,50	51,80	83,99	155,93	180,10	55,00	38,55	20	5/8"	18
130	10	3,70	3,70	41,50	57,06	86,32	169,62	180,10	55,00	43,35	22	5/8"	16
140	10	3,90	3,90	41,50	62,07	90,98	182,72	189,43	60,00	48,61	25	5/8"	15
150	10	4,00	4,00	46,50	64,84	104,56	195,11	222,71	60,00	48,1	25	5/8"	16

<i>f'c = 250 kg/</i>						<i>f'y = 2800 kg/</i>							
CARGA AXIAL (Ton)	ESFUERZO ADMISIBLE (Ton/m ²)	ÁREA		Df	PEDES (cm)	CORTE (Ton)		PUNZONAD (Ton)		CABILLAS DE LA BASE			
		B (m)	L (m)			Vu	Vuconc reto	Pu	Pc	ACERO (cm ²)	CANTI DAD	DIAME TRO	SEPARACIÓN (Cm)
70	10	2,70	2,70	26,50	30,31	44,97	90,13	101,93	50,00	36,65	19	5/8"	14
80	10	2,90	2,90	31,50	34,18	51,35	103,15	129,08	50,00	39,04	20	5/8"	14
90	10	3,10	3,10	36,50	38,00	71,12	116,19	158,75	50,00	41,62	22	5/8"	14
100	10	3,20	3,20	36,50	43,09	73,41	129,77	158,75	50,00	48,31	25	5/8"	13
110	10	3,40	3,40	36,50	48,01	78,00	142,85	167,92	55,00	55,72	20	6/8"	17
120	10	3,60	3,60	41,50	51,80	93,90	155,93	201,36	55,00	57,83	21	6/8"	17
130	10	3,70	3,70	41,50	57,06	96,51	169,62	201,36	55,00	65,02	23	6/8"	16
140	10	3,90	3,90	41,50	62,07	101,72	182,72	211,79	60,00	72,91	26	6/8"	15
150	10	4,00	4,00	46,50	64,84	116,90	195,11	249,00	60,00	72,16	26	6/8"	15

$f'c = 250 \text{ kg/}$					$f'y = 3500 \text{ kg/}$								
CARGA AXIAL (Ton)	ESFUERZO ADMISIBLE (Ton/m ²)	ÁREA		Df	PEDES (cm)	CORTE (Ton)		PUNZONAD (Ton)		CABILLAS DE LA BASE			
		B (m)	L (m)			Vu	Vuconcreto	Pu	Pc	ACERO (cm ²)	CANTIDAD	DIAMETRO	SEPARACIÓN (Cm)
70	10	2,70	2,70	26,5	30,31	44,97	90,13	101,93	50,00	29,32	24	1/2"	11
80	10	2,90	2,90	31,5	34,18	57,41	103,15	129,08	50,00	31,23	25	1/2"	11
90	10	3,10	3,10	36,5	38	71,12	116,19	158,75	50,00	33,29	17	5/8"	18
100	10	3,20	3,20	36,5	43,09	73,41	129,77	158,75	50,00	38,65	20	5/8"	16
110	10	3,40	3,40	36,5	48,01	78	142,85	167,92	55,00	44,58	23	5/8"	15
120	10	3,60	3,60	41,5	51,8	93,9	155,93	201,36	55,00	46,27	24	5/8"	15
130	10	3,70	3,70	41,5	57,06	96,51	169,62	201,36	55,00	52,02	27	5/8"	14
140	10	3,90	3,90	41,5	62,07	101,72	182,72	211,79	60,00	58,33	30	5/8"	13
150	10	4,00	4,00	46,5	64,84	116,9	195,11	249	60,00	57,72	21	6/8"	19

$f'c = 250 \text{ kg/}$					$f'y = 4200 \text{ kg/}$								
CARGA AXIAL (Ton)	ESFUERZO ADMISIBLE (Ton/m ²)	ÁREA		Df	PEDES (cm)	CORTE (Ton)		PUNZONAD (Ton)		CABILLAS DE LA BASE			
		B (m)	L (m)			Vu	Vuconcreto	Pu	Pc	ACERO (cm ²)	CANTIDAD	DIAMETRO	SEPARACIÓN (Cm)
70	10	2,70	2,70	26,5	30,31	44,97	90,13	101,93	50,00	24,43	20	1/2"	14
80	10	2,90	2,90	31,5	34,18	57,41	103,15	129,08	50,00	26,03	21	1/2"	14
90	10	3,10	3,10	36,5	38	71,12	116,19	158,75	50,00	27,74	22	1/2"	14
100	10	3,20	3,20	36,5	43,09	73,41	129,77	158,75	50,00	32,21	26	1/2"	12
110	10	3,40	3,40	36,5	48,01	78	142,85	167,92	55,00	37,15	19	5/8"	18
120	10	3,60	3,60	41,5	51,8	93,9	155,93	201,36	55,00	38,55	20	5/8"	18
130	10	3,70	3,70	41,5	57,06	96,51	169,62	201,36	55,00	43,35	22	5/8"	16
140	10	3,90	3,90	41,5	62,07	101,72	182,72	211,79	60,00	48,61	25	5/8"	15
150	10	4,00	4,00	46,5	64,84	116,9	195,11	249	60,00	48,1	25	5/8"	16

<i>f'c = 300 kg/</i>						<i>f'y = 2800 kg/</i>							
CARGA AXIAL (Ton)	ESFUERZO ADMISIBLE (Ton/m ²)	ÁREA		Df	PEDES (cm)	CORTE (Ton)		PUNZONAD (Ton)		CABILLAS DE LA BASE			
		B (m)	L (m)			Vu	Vuconcreto	Pu	Pc	ACERO (cm ²)	CANTIDAD	DIAMETRO	SEPARACIÓN (Cm)
70	10	2,70	2,70	26,5	25,0	36,5	85,5	104,4	45,00	24,6	13,0	5/8"	15,0
80	10	2,90	2,90	31,5	25,8	43,4	95,6	132,7	45,00	23,6	12,0	5/8"	16,0
90	10	3,10	3,10	36,5	29,2	55,3	108,7	163,9	45,00	26,6	14,0	5/8"	16,0
100	10	3,20	3,20	36,5	32,6	57,8	120,2	173,9	50,00	29,9	16,0	5/8"	15,0
110	10	3,40	3,40	36,5	37,5	60,3	134,0	173,9	50,00	35,1	18,0	5/8"	13,0
120	10	3,60	3,60	41,5	39,3	71,4	145,5	209,2	50,00	35,8	19,0	5/8"	13,0
130	10	3,70	3,70	41,5	44,5	74,2	159,4	209,2	50,00	41,1	15,0	6/8"	17,0
140	10	3,90	3,90	41,5	47,9	77,2	171,0	220,6	55,00	44,7	16,0	6/8"	17,0
150	10	4,00	4,00	46,5	51,4	80,0	182,4	232,0	60,00	48,4	17,0	6/8"	16,0

<i>f'c = 300 kg/</i>						<i>f'y = 3500 kg/</i>							
CARGA AXIAL (Ton)	ESFUERZO ADMISIBLE (Ton/m ²)	ÁREA		Df	PEDES (cm)	CORTE (Ton)		PUNZONADO (Ton)		CABILLAS DE LA BASE			
		B (m)	L (m)			Vu	Vuconcreto	Pu	Pc	ACERO (cm ²)	CANTIDAD	DIAMETRO	SEPARACIÓN (Cm)
70	10	2,70	2,70	26,5	24,99	36,49	85,47	104,36	45,00	19,65	16	1/2"	12
80	10	2,90	2,90	31,5	25,76	43,37	95,61	132,73	45,00	18,89	15	1/2"	13
90	10	3,10	3,10	36,5	29,21	55,29	108,71	163,85	45,00	21,25	17	1/2"	13
100	10	3,20	3,20	36,5	32,57	57,8	120,2	173,9	50,00	23,9	19	1/2"	12
110	10	3,40	3,40	36,5	37,54	60,31	134	173,9	50,00	28,07	15	5/8"	16
120	10	3,60	3,60	41,5	39,31	71,43	145,5	209,15	50,00	28,65	15	5/8"	17
130	10	3,70	3,70	41,5	44,45	74,21	159,36	209,15	50,00	32,9	17	5/8"	15
140	10	3,90	3,90	41,5	47,91	77,15	170,96	220,58	55,00	35,76	19	5/8"	14
150	10	4,00	4,00	46,5	51,38	80	182,4	232,01	60,00	38,69	20	5/8"	14

$f'c = 300 \text{ kg/}$					$f'y = 4200 \text{ kg/}$								
CARGA AXIAL (Ton)	ESFUERZO ADMISIBLE (Ton/m ²)	ÁREA		Df	PEDES (cm)	CORTE (Ton)		PUNZONADO (Ton)		CABILLAS DE LA BASE			
		B (m)	L (m)			Vu	Vuconc reto	Pu	Pc	ACERO (cm ²)	CANTI DAD	DIAME TRO	SEPARACIÓ N (Cm)
70	10	2,70	2,70	26,5	24,99	36,49	85,47	104,36	45,00	16,37	12	1/2"	17
80	10	2,90	2,90	31,5	25,76	43,37	95,61	132,73	45,00	15,74	13	1/2"	15
90	10	3,10	3,10	36,5	29,21	55,29	108,71	163,85	45,00	17,71	15	1/2"	15
100	10	3,20	3,20	36,5	32,57	57,8	120,2	173,9	50,00	19,91	16	1/2"	14
110	10	3,40	3,40	36,5	37,54	60,31	134	173,9	50,00	23,39	19	1/2"	12
120	10	3,60	3,60	41,5	39,31	71,43	145,5	209,15	50,00	23,87	19	1/2"	13
130	10	3,70	3,70	41,5	44,45	74,21	159,36	209,15	50,00	27,42	14	5/8"	18
140	10	3,90	3,90	41,5	47,91	77,15	170,96	220,58	55,00	29,8	16	5/8"	17
150	10	4,00	4,00	46,5	51,38	80	182,4	232,01	60,00	32,24	17	5/8"	17

Suelo= *Arcilla Muy Firme*

<i>f'c = 200 kg/</i>		<i>f'y = 2800 kg/</i>											
CARGA AXIAL (Ton)	ESFUERZO ADMISIBLE (Ton/m2)	ÁREA		Df	PEDES (cm)	CORTE (Ton)		PUNZONAD (Ton)		CABILLAS DE LA BASE			
		B (m)	L (m)			Vu	Vuco ncreto	Pu	Pc	ACERO (cm2)	CANTI DAD	DIAME TRO	SEPARACI ÓN (Cm)
70	20	2,00	2,00	31,50	45,00	22,54	35,42	83,66	108,37	20,66	11	5/8"	18
80	20	2,00	2,00	31,50	45,00	25,76	35,42	95,61	108,37	23,61	12	5/8"	16
90	20	2,20	2,20	36,50	45,00	29,21	45,14	108,71	133,78	26,57	14	5/8"	16
100	20	2,30	2,30	36,50	50,00	32,57	47,19	120,20	141,99	29,87	16	5/8"	15
110	20	2,40	2,40	36,50	50,00	37,54	49,24	134,00	141,99	35,09	18	5/8"	13
120	20	2,50	2,50	36,50	50,00	39,31	58,32	145,50	170,77	35,81	19	5/8"	13
130	20	2,60	2,60	41,50	50,00	44,45	60,66	159,46	170,77	41,12	21	5/8"	12
140	20	2,70	2,70	41,50	55,00	47,91	62,99	170,96	180,1	44,70	23	5/8"	12
150	20	2,80	2,80	41,50	60,00	51,38	65,32	182,40	189,43	48,36	25	6/8"	11
<i>f'c = 200 kg/</i>		<i>f'y = 3500 kg/</i>											
CARGA AXIAL (Ton)	ESFUERZO ADMISIBLE (Ton/m2)	ÁREA		Df	PEDES TAL (cm)	CORTE (Ton)		PUNZONAD (Ton)		CABILLAS DE LA BASE			
		B (m)	L (m)			Vu	Vuco ncreto	Pu	Pc	ACERO (cm2)	CANTI DAD	DIAME TRO	SEPARACI ÓN (Cm)
70	20	2,00	2,00	31,50	45,00	22,54	35,42	83,66	108,37	16,53	14	1/2"	15
80	20	2,00	2,00	31,50	45,00	25,76	35,42	95,61	108,37	18,89	15	1/2"	13
90	20	2,20	2,20	36,50	45,00	29,21	45,14	108,71	133,78	21,25	17	1/2"	13
100	20	2,30	2,30	36,50	50,00	32,57	47,19	120,20	141,99	23,90	19	1/2"	12
110	20	2,40	2,40	36,50	50,00	37,54	49,24	134,00	141,99	28,07	15	5/8"	16
120	20	2,50	2,50	36,50	50,00	39,31	58,32	145,50	170,77	28,65	15	5/8"	17
130	20	2,60	2,60	41,50	50,00	44,45	60,66	159,46	170,77	32,90	17	5/8"	15
140	20	2,70	2,70	41,50	55,00	47,91	62,99	170,96	180,10	35,76	19	5/8"	14
150	20	2,80	2,80	41,50	60,00	51,38	65,32	182,40	189,43	38,69	20	5/8"	14

$f'c = 200 \text{ kg/}$				$f'y = 4200 \text{ kg/}$									
CARGA AXIAL (Ton)	ESFUERZO ADMISIBLE (Ton/m ²)	ÁREA		Df	PEDES (cm)	CORTE (Ton)		PUNZONAD (Ton)		CABILLAS DE LA BASE			
		B (m)	L (m)			Vu	Vuconcreto	Pu	Pc	ACERO (cm ²)	CANTI DAD	DIAME TRO	SEPARACIÓN (Cm)
70	20	2,00	2,00	31,50	45,00	22,54	35,42	83,66	108,37	14,40	12	1/2"	17
80	20	2,00	2,00	31,50	45,00	25,76	35,42	95,61	108,37	15,74	13	1/2"	15
90	20	2,20	2,20	36,50	45,00	29,21	45,14	108,71	133,78	17,82	14	1/2"	15
100	20	2,30	2,30	36,50	50,00	32,57	47,19	120,20	141,99	19,91	16	1/2"	14
110	20	2,40	2,40	36,50	50,00	37,54	49,24	134,00	141,99	23,39	19	1/2"	12
120	20	2,50	2,50	36,50	50,00	39,31	58,32	145,50	170,77	23,87	13	5/8"	20
130	20	2,60	2,60	41,50	50,00	44,45	60,66	159,46	170,77	27,41	14	5/8"	18
140	20	2,70	2,70	41,50	55,00	47,91	62,99	170,96	180,10	29,80	16	5/8"	17
150	20	2,80	2,80	41,50	60,00	51,38	65,32	182,40	189,43	32,24	17	5/8"	17

$f'c = 250 \text{ kg/}$				$f'y = 2800 \text{ kg/}$									
CARGA AXIAL (Ton)	ESFUERZO ADMISIBLE (Ton/m ²)	ÁREA		Df	PEDES TAL (cm)	CORTE (Ton)		PUNZONAD (Ton)		CABILLAS DE LA BASE			
		B (m)	L (m)			Vu	Vuconcreto	Pu	Pc	ACERO (cm ²)	CANTI DAD	DIAME TRO	SEPARACIÓN (Cm)
70	20	2,00	2,00	31,50	45,00	22,54	39,60	83,66	121,16	20,66	17	1/2"	12
80	20	2,00	2,00	31,50	45,00	25,76	39,60	95,61	121,16	23,61	19	1/2"	10
90	20	2,20	2,20	36,50	45,00	29,21	50,47	108,71	149,57	26,57	14	5/8"	16
100	20	2,30	2,30	36,50	50,00	32,57	52,76	120,20	158,75	29,87	16	5/8"	15
110	20	2,40	2,40	36,50	50,00	37,54	55,06	134,00	158,75	35,09	18	5/8"	13
120	20	2,50	2,50	36,50	50,00	39,31	65,21	145,50	190,93	35,81	19	5/8"	13
130	20	2,60	2,60	41,50	50,00	44,45	67,82	159,46	190,93	41,12	15	6/8"	17
140	20	2,70	2,70	41,50	55,00	47,91	70,42	170,96	201,36	44,70	16	6/8"	17
150	20	2,80	2,80	41,50	60,00	51,38	73,03	182,40	211,79	48,36	17	6/8"	16

$f'c = 250 \text{ kg/}$											$f'y = 3500 \text{ kg/}$			
CARGA AXIAL (Ton)	ESFUERZO ADMISIBLE (Ton/m ²)	ÁREA		Df	PEDES (cm)	CORTE (Ton)		PUNZONAD (Ton)		CABILLAS DE LA BASE				
		B (m)	L (m)			Vu	Vuconcreto	Pu	Pc	ACERO (cm ²)	CANTI DAD	DIAME TRO	SEPARACIÓN (Cm)	
70	20	2,00	2,00	31,50	45,00	22,54	39,60	83,66	121,16	14,40	14	1/2"	15	
80	20	2,00	2,00	31,50	45,00	25,76	39,6	95,61	121,16	18,89	15	1/2"	13	
90	20	2,20	2,20	36,50	45,00	29,21	50,47	108,71	149,57	21,25	17	1/2"	13	
100	20	2,30	2,30	36,50	50,00	32,57	52,76	120,20	158,75	23,90	19	1/2"	12	
110	20	2,40	2,40	36,50	50,00	37,54	55,06	134,00	158,75	28,07	15	1/2"	16	
120	20	2,50	2,50	36,50	50,00	39,31	65,21	145,50	190,93	28,65	15	5/8"	17	
130	20	2,60	2,60	41,50	50,00	44,45	67,82	159,46	190,93	32,90	17	5/8"	15	
140	20	2,70	2,70	41,50	55,00	47,91	70,42	170,96	201,36	35,76	19	5/8"	14	
150	20	2,80	2,80	41,50	60,00	51,38	73,03	182,40	211,79	38,69	14	6/8"	20	
$f'c = 250 \text{ kg/}$											$f'y = 4200 \text{ kg/}$			
CARGA AXIAL (Ton)	ESFUERZO ADMISIBLE (Ton/m ²)	ÁREA		Df	PEDES (cm)	CORTE (Ton)		PUNZONAD (Ton)		CABILLAS DE LA BASE				
		B (m)	L (m)			Vu	Vuconcreto	Pu	Pc	ACERO (cm ²)	CANTI DAD	DIAME TRO	SEPARACIÓN (Cm)	
70	20	2,00	2,00	31,50	45,00	22,54	39,60	83,66	121,16	14,40	12	1/2"	17	
80	20	2,00	2,00	31,50	45,00	25,76	39,6	95,61	121,16	15,74	13	1/2"	15	
90	20	2,20	2,20	36,50	45,00	29,21	50,47	108,71	149,57	17,82	15	1/2"	15	
100	20	2,30	2,30	36,50	50,00	32,57	52,76	120,20	158,75	19,91	16	1/2"	14	
110	20	2,40	2,40	36,50	50,00	37,54	55,06	134,00	158,75	23,39	19	1/2"	12	
120	20	2,50	2,50	36,50	50,00	39,31	65,21	145,50	190,93	23,87	19	1/2"	13	
130	20	2,60	2,60	41,50	50,00	44,45	67,82	159,46	190,93	27,41	14	5/8"	18	
140	20	2,70	2,70	41,50	55,00	47,91	70,42	170,96	201,36	29,80	16	5/8"	17	
150	20	2,80	2,80	41,50	60,00	51,38	73,03	182,40	211,79	32,24	17	5/8"	17	

<i>f'c = 300 kg/</i>						<i>f'y = 2800 kg/</i>							
CARGA AXIAL (Ton)	ESFUERZO ADMISIBLE (Ton/m ²)	ÁREA		Df	PEDES (cm)	CORTE (Ton)		PUNZONAD (Ton)		CABILLAS DE LA BASE			
		B (m)	L (m)			Vu	Vuconcreto	Pu	Pc	ACERO (cm ²)	CANTI DAD	DIAME TRO	SEPARACIÓN (Cm)
70	20	2,00	2,00	31,50	45,00	22,54	43,37	83,66	132,73	20,66	17	1/2"	12
80	20	2,00	2,00	31,50	45,00	25,76	43,37	95,61	132,73	23,61	12	5/8"	16
90	20	2,20	2,20	36,50	45,00	29,21	55,29	108,71	163,85	26,57	14	5/8"	16
100	20	2,30	2,30	36,50	50,00	32,57	57,80	120,20	173,90	29,87	16	5/8"	15
110	20	2,40	2,40	36,50	50,00	37,54	60,31	134,00	173,9	35,09	18	5/8"	13
120	20	2,50	2,50	36,50	50,00	39,31	71,43	145,50	209,15	35,81	19	5/8"	13
130	20	2,60	2,60	41,50	50,00	44,45	74,29	159,46	209,15	41,12	15	6/8"	17
140	20	2,70	2,70	41,50	55,00	47,91	77,15	170,96	220,58	44,70	16	6/8"	17
150	20	2,80	2,80	41,50	60,00	51,38	80,00	182,40	232,01	48,36	17	6/8"	16
<i>f'c = 300 kg/</i>						<i>f'y = 3500 kg/</i>							
CARGA AXIAL (Ton)	ESFUERZO ADMISIBLE (Ton/m ²)	ÁREA		Df	PEDES TAL (cm)	CORTE (Ton)		PUNZONAD O (Ton)		CABILLAS DE LA BASE			
		B (m)	L (m)			Vu	Vuconcreto	Pu	Pc	ACERO (cm ²)	CANTI DAD	DIAME TRO	SEPARACIÓN (Cm)
70	20	2,00	2,00	31,50	45,00	22,54	43,37	83,66	132,73	16,53	14	1/2"	15
80	20	2,00	2,00	31,50	45,00	25,76	43,37	95,61	132,73	18,89	15	1/2"	13
90	20	2,20	2,20	36,50	45,00	29,21	55,29	108,71	163,85	21,25	17	1/2"	13
100	20	2,30	2,30	36,50	50,00	32,57	57,80	120,20	173,90	23,90	19	1/2"	12
110	20	2,40	2,40	36,50	50,00	37,54	60,31	134,00	173,9	28,07	15	5/8"	16
120	20	2,50	2,50	36,50	50,00	39,31	71,43	145,50	209,15	28,65	15	5/8"	17
130	20	2,60	2,60	41,50	50,00	44,45	74,29	159,46	209,15	32,90	17	5/8"	15
140	20	2,70	2,70	41,50	55,00	47,91	77,15	170,96	220,58	35,76	19	5/8"	14
150	20	2,80	2,80	41,50	60,00	51,38	80,00	182,40	232,01	38,69	20	5/8"	14

$f'c = 300 \text{ kg/}$					$f'y = 4200 \text{ kg/}$								
CARGA AXIAL (Ton)	ESFUERZO ADMISIBLE (Ton/m ²)	ÁREA		Df	PEDES (cm)	CORTE (Ton)		PUNZONAD (Ton)		CABILLAS DE LA BASE			
		B (m)	L (m)			Vu	Vuconcreto	Pu	Pc	ACERO (cm ²)	CANTIDAD	DIAMETRO	SEPARACIÓN (Cm)
70	20	2,00	2,00	31,50	45,00	22,54	43,37	83,66	132,73	14,40	12	1/2"	17
80	20	2,00	2,00	31,50	45,00	25,76	43,37	95,61	132,73	15,74	13	1/2"	15
90	20	2,20	2,20	36,50	45,00	29,21	55,29	108,71	163,85	17,82	15	1/2"	15
100	20	2,30	2,30	36,50	50,00	32,57	57,80	120,20	173,90	19,91	16	1/2"	14
110	20	2,40	2,40	36,50	50,00	37,54	60,31	134,00	173,9	23,39	19	1/2"	12
120	20	2,50	2,50	36,50	50,00	39,31	71,43	145,50	209,15	23,87	19	1/2"	13
130	20	2,60	2,60	41,50	50,00	44,45	74,29	159,46	209,15	27,42	14	5/8"	18
140	20	2,70	2,70	41,50	55,00	47,91	77,15	170,96	220,58	29,80	16	5/8"	17
150	20	2,80	2,80	41,50	60,00	51,38	80,00	182,40	232,01	32,24	17	5/8"	17

