

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(119)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	SAMIR HADDAD LARIOS GUILLERMO FABIO VARGAS RODRIGUEZ
FACULTAD	INGENIERIAS
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA CIVIL
DIRECTOR	ROMEL JESUS GALLARDO AMAYA
TÍTULO DE LA TESIS	DESARROLLO DE UN APLICATIVO EN EXCEL COMO HERRAMIENTA DE APOYO PARA EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA GEOTECNIA II DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

RESUMEN (70 palabras aproximadamente)

LA PRESENTE INVESTIGACIÓN GIRA ENTORNO AL DESARROLLO DE UN APLICATIVO EN EXCEL COMO HERRAMIENTA DE APOYO PARA EL PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA GEOTECNIA II DEL PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL, EN EL QUE SE ABARCA DE MANERA DIDÁCTICA, FÁCIL Y RÁPIDA DIFERENTES CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS EN CIMIENTOS SUPERFICIALES, ASI COMO CAPACIDAD DE CARGA POR FRICCION Y PUNTA EN CIMIENTOS PROFUNDOS, ADEMAS DE ACCEDER A INFORMACION VALIOSA ACERCA DE ESTOS TEMARIOS EN TEORIAS POSTULADAS POR DIVERSOS AUTORES SE PUEDEN VISUALIZAR RECOPIACIONES DE ENSAYOS USADOS EN LA GEOTECNIA II AL INTERIOR DEL APLICATIVO.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 119	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 89	CD-ROM: 1
---------------------	----------------	--------------------------	------------------



DESARROLLO DE UN APLICATIVO EN EXCEL COMO HERRAMIENTA DE APOYO
PARA EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA
GEOTECNIA II DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD
FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

Autores

GUILLERMO FABIO VARGAS RODRÍGUEZ

SAMIR HADDAD LARIOS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el Título de Ingeniero Civil

Director

Ing. ROMEL JESUS GALLARDO AMAYA

Magister en Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERIA CIVIL

DEDICATORIA

Quisiera dedicarle este triunfo al motor más significativo que tengo en mi vida hoy día, mi hija Emma Haddad Stabilito y a mi compañera de vida Yanuary Stabilito Torres, que siempre estuvieron ahí para motivar y apoyar todas las decisión tomadas y metas planteadas en mi crecimiento profesional, también a mis padres cuyo apoyo siempre fue indiscutible e incondicional a pesar de cualquier adversidad, mi tío Ferez Haddad y hermana Isabel Haddad Larios que por medio de sus enseñanzas diarias fortalecen mi formación integral como persona, y por supuesto a mi gran compañero de trabajo Guillermo Fabio Vargas con el que dedique noches en vela, para estudiar temas, incluso mucho antes de que iniciaran los semestres académicos (éxitos en su camino profesional Bro’).

Samir Haddad Larios.

DEDICATORIA

Dedico de corazón este proyecto primeramente a Dios y a toda mi familia, especialmente a mi abuela María Eusebia Salazar, la persona que guió mi camino y siguió de cerca mi crecimiento como persona y profesional pero que hoy ya no se encuentra a mi lado, a mi madre Diana Rodríguez Salazar que gracias a su apoyo incondicional generó la confianza en mí para afrontar cualquier reto, a mi gran amigo Jonathan Rico Arteaga que me animaba a seguir adelante cuando todo parecía desmoronarse, a mis compañeros de estudio Yenifer Andrea Tejeda y Cristian Quintero Vega con quienes afronté los momentos más difíciles durante mi carrera, a mis profesores que día a día aportaron su grano de arena para formarme como ingeniero y por supuesto a mi compañero de trabajo Samir Haddad Larios quien hizo que esto fuera posible, Este logro no es solo mío, es de todas estas personas que estuvieron conmigo en el transcurso de mi carrera y que no me alcanzan las palabras para mencionarlos, a todos ellos hago esta dedicatoria.

Guillermo Fabio Vargas Rodríguez.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del documento de investigación agradecen a todas las partes que contribuyeron de una u otra manera a dar forma y completo desarrollo al trabajo realizado, como oficinas de multimedios que apoyaron en fotografías institucionales de excelente calidad, facultad de ingenierías por desempeñar labores de manera eficientes cuando se le solicitaba, docentes, familiares y colegas de estudio que contribuyeron en informaciones de interés para dicha investigación, al Magíster Romel Jesus Gallardo Amaya por estar siempre dispuesto y de manera constante en los procesos de seguimiento para hacer de este trabajo un triunfo.

Samir Haddad Larios.

Guillermo Fabio Vargas Rodríguez.

Índice

1. Desarrollo De Un Aplicativo En Excel Como Herramienta De Apoyo Para El Proceso De Enseñanza-Aprendizaje De La Asignatura Geotecnia II Del Programa De Ingeniería Civil De La Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña	1
1.1 Planteamiento Del Problema	1
1.2 Formulación Del Problema.....	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Justificación	4
1.5 Delimitaciones	5
1.5.1 Geográfica	5
1.5.2 Temporal	6
1.5.3 Conceptual.....	6
1.5.4 Operativa	6
2. Marcos Referenciales.....	7
2.1 Marco Histórico	7
2.2 Marco Contextual	9
2.3 Marco Conceptual.....	10
2.4 Marco Teórico	14
2.5 Marco Legal.....	24
3. Diseño Metodológico.....	26
3.1 Tipo de Investigación	26
3.2 Población y Muestra	26
3.2.1 Población.....	26

3.2.2	Muestra.....	26
3.3	Recolección de Información.....	28
3.4	Análisis de Información.....	28
4.	Resultados.....	29
4.1	Realizar un diagnóstico para conocer el uso de aplicaciones informática en la asignatura geotecnia II.....	29
4.1.1	Alcances.....	29
4.1.2	Análisis de resultados evidenciados por gráficos estadísticos, recolectados por medio de encuesta aplicada a la muestra poblacional.....	30
4.2	Diseñar los módulos del aplicativo para determinar el estado límite de falla (Capacidad de carga) y estado límite de servicio de cimientos superficiales (Asentamientos).	32
4.2.1	Alcances.....	32
4.2.2	Limitaciones.....	33
4.2.3	Figuras propias para elaboración de base de datos interna correspondientes a los módulos de capacidad de carga y asentamiento, conformada por tablas y gráficas propias a diversas teorías requeridas para los análisis internos.....	33
4.2.4	Diseño de módulo de capacidad de carga (sin cargas excéntricas).....	36
4.2.4.1	Elaboración de interfaz del modulo.....	37
4.2.4.2	Programación de macros específicas para cada comando del modulo.....	38
4.2.5	Diseño de módulo de capacidad de carga (Excentricidades Unidireccional).....	39
4.2.5.1	Elaboración de interfaz del modulo.....	40
4.2.5.2	Programación de macros específicas para cada comando del modulo.....	41
4.2.6	Diseño de módulo de capacidad de carga (Excentricidad Bidireccional).....	41
4.2.6.1	Elaboración de interfaz del modulo.....	43
4.2.6.2	Programación de macros específicas para cada comando del modulo.....	44
4.2.7	Diseño de módulo de asentamientos inmediatos suelos cohesivos.....	44

4.2.7.1	Elaboración de interfaz del modulo	45
4.2.7.2	Programación de macros específicas para cada comando del modulo.....	46
4.2.8	Diseño de módulo de asentamientos inmediatos suelos granulares	46
4.2.8.1	Elaboración de interfaz del modulo	47
4.2.8.2	Programación de macros específicas para cada comando del modulo.....	49
4.2.9	Diseño de módulo de asentamiento consolidación	49
4.2.9.1	Elaboración de interfaz del modulo	50
4.2.9.2	Programación de macros específicas para cada comando del modulo.....	51
4.3	Diseñar el modulo del aplicativo para determinar capacidad de carga en pilotes y grupos de pilotes.....	52
4.3.1	Alcances	52
4.3.2	Limitaciones	52
4.3.3	Figuras propias para elaboración de base de datos interna correspondientes a módulos de capacidad de carga en pilotes y grupos de pilotes, conformada por tablas y gráficas propias a diversas teorías requeridas para los análisis internos	53
4.3.4	Diseño de módulo de pilote individuales	56
4.3.4.1	Calculo de capacidad de carga en punta y fricción	57
4.3.4.1.1	Elaboración de interfaz del modulo	57
4.3.4.1.2	Programación de macros específicas para cada comando del modulo	58
4.3.5	Diseño de módulo de grupo de pilote	58
4.3.5.1	Elaboración de la interfaz del modulo.....	59
4.3.5.2	Programación de macros específicas para cada comando del modulo.....	60
4.4	Desarrollar una guía de usuario para el uso del aplicativo	60
4.4.1	Alcances	60
5.	Conclusiones	61
6.	Recomendaciones	63

Referencias	65
Apéndices	68
Apéndice A. Memoria de calculos	68
Apéndice B. Modelo de encuestas aplicada	74
Apéndice C. Diagrama de flujo de la programacion	76
Apéndice D. Guia de usuario para el uso del aplicativo	77

Lista de figuras

<i>Figura 1.</i> Pregunta uno de encuesta del diagnóstico.....	30
<i>Figura 2.</i> Pregunta dos de encuesta del diagnóstico.	30
<i>Figura 3.</i> Pregunta tres de encuesta del diagnóstico.....	31
<i>Figura 4.</i> Pregunta cuatro de encuesta del diagnóstico.....	31
<i>Figura 5.</i> Pregunta cinco de encuesta del diagnóstico.....	32
<i>Figura 6.</i> Representación <i>de</i> factores de capacidad de carga Terzaghi.	34
<i>Figura 7.</i> Representación de factores de capacidad de carga Meyerhof.....	34
<i>Figura 8.</i> Representación de factores de capacidad de carga Hansen.	35
<i>Figura 9.</i> Representación gráfica de valores de $L1/L$ de área efectiva para excentricidades CASO II.	35
<i>Figura 10.</i> Representación gráfica de valores de $L2/L$ de área efectiva para excentricidades CASO II.....	36
<i>Figura 11.</i> Selección de tipo de caso.	36
<i>Figura 12.</i> Visualización 1 de interfaz capacidad de carga.	37
<i>Figura 13.</i> Visualización 2 de interfaz capacidad de carga.	38
<i>Figura 14.</i> Macros de módulo de capacidad de carga.....	38
<i>Figura 15.</i> Capacidad de carga una excentricidad.	40
<i>Figura 16.</i> Macros de módulo de capacidad de carga excéntrica unidireccional.	41
<i>Figura 17.</i> Visualización 1 de interfaz C-E.	43
<i>Figura 18.</i> Macros de módulo de capacidad de carga doble excentricidad.	44
<i>Figura 19.</i> Asentamientos inmediatos en suelos granulares.	45
<i>Figura 20.</i> Macros de módulo de asentamientos suelos cohesivos.....	46

<i>Figura 21.</i> Asentamientos en suelos granulares.....	47
<i>Figura 22.</i> Asentamientos en suelos granulares cimientado cuadrado.....	48
<i>Figura 23.</i> Macros de módulo de asentamientos suelos granulares.....	49
<i>Figura 24.</i> Asentamiento por consolidación área finita.....	50
<i>Figura 25.</i> Asentamiento por consolidación.....	51
<i>Figura 26.</i> Macros de módulo de asentamientos por consolidación.....	51
<i>Figura 27.</i> Base de datos variación de parámetros 1.....	53
<i>Figura 28.</i> Base de datos variación de parámetros 2.....	54
<i>Figura 29.</i> Base de datos variación de parámetros 3.....	55
<i>Figura 30.</i> Base de datos variación de parámetros 4.....	55
<i>Figura 31.</i> Base de datos variación de parámetros.....	56
<i>Figura 32.</i> Capacidad de carga en pilotes.....	57
<i>Figura 33.</i> Macros de módulo de capacidad de carga en pilotes.....	58
<i>Figura 34.</i> Cálculo de capacidad de carga grupo de pilotes.....	59
<i>Figura 35.</i> Macros de módulo de grupo de pilotes.....	60
<i>Figura 36.</i> Ejemplo capacidad de carga cimientado superficial 1.....	68
<i>Figura 37.</i> Ejemplo capacidad de carga cimientado superficial 2.....	69
<i>Figura 38.</i> Ejemplo capacidad de carga cimientado superficial 3.....	69
<i>Figura 39.</i> Ejemplo capacidad de carga cimientado superficial 4.....	70
<i>Figura 40.</i> Ejemplo capacidad de carga en punta de pilotes 1.....	71
<i>Figura 41.</i> Ejemplo capacidad de carga en punta de pilotes 1.....	72
<i>Figura 42.</i> Ejemplo capacidad de carga en punta de pilotes 1.....	72
<i>Figura 43.</i> Ejemplo capacidad de carga en punta de pilotes 1.....	73
<i>Figura 44.</i> Página uno de modelo de encuesta aplicada.....	74

<i>Figura 45.</i> Página dos de modelo de encuesta aplicada.....	75
<i>Figura 46.</i> Diagrama de flujo de la programación.....	76
<i>Figura 47.</i> Visualización de interfaz de inicio.....	77
<i>Figura 48.</i> Inicio de interfaz del aplicativo.....	78
<i>Figura 49.</i> Interfaz de interacción.	78
<i>Figura 50.</i> Selección cimientos superficial.	79
<i>Figura 51.</i> Interfaz de cimientos superficiales.....	79
<i>Figura 52.</i> Selección de capacidad de carga.	80
<i>Figura 53.</i> Interfaz de capacidad de carga.	80
<i>Figura 54.</i> Selección de asentamiento.	81
<i>Figura 55.</i> Interfaz de asentamiento.	81
<i>Figura 56.</i> Selección de cimientos profundos.....	82
<i>Figura 57.</i> Interfaz de cimientos profundos.....	82
<i>Figura 58.</i> Selección de referencias bibliográficas.....	83
<i>Figura 59.</i> Referencias bibliográficas con link de acceso.	83
<i>Figura 60.</i> Selección de Ensayos geotécnicos.	84
<i>Figura 61.</i> Selección de Ensayos geotécnicos 2.	84
<i>Figura 62.</i> Selección de guía de usuario.	85
<i>Figura 63.</i> Selección de diagrama de flujo.	85
<i>Figura 64.</i> Diagrama de flujos.	86
<i>Figura 65.</i> Selección de guía de botones.	87
<i>Figura 66.</i> Guía de botones.....	87
<i>Figura 67.</i> Selección de salir.	88
<i>Figura 68.</i> Cálculo de capacidad de carga.....	89

<i>Figura 69.</i> Cálculo de capacidad de carga 2.	89
<i>Figura 70.</i> Cálculo de capacidad de carga 3.	90
<i>Figura 71.</i> Capacidad de carga una excentricidad.	91
<i>Figura 72.</i> Selección de teoría una excentricidad.	91
<i>Figura 73.</i> Capacidad de carga doble excentricidad.	92
<i>Figura 74.</i> Selección de teoría doble excentricidad.	92
<i>Figura 75.</i> Capacidad de carga doble excentricidad 2.	93
<i>Figura 76.</i> Capacidad de carga doble excentricidad 3.	94
<i>Figura 77.</i> Asentamientos inmediatos cohesivos.	95
<i>Figura 78.</i> Asentamientos inmediatos cohesivos 2.	96
<i>Figura 79.</i> Asentamientos inmediatos cohesivos 3.	97
<i>Figura 80.</i> Asentamiento inmediato granulares.	98
<i>Figura 81.</i> Asentamiento inmediato granulares 2.	98
<i>Figura 82.</i> Asentamiento inmediato granulares 3.	99
<i>Figura 83.</i> Asentamiento por consolidación.	100
<i>Figura 84.</i> Asentamiento por consolidación 2.	101
<i>Figura 85.</i> Asentamiento por consolidación 3.	101
<i>Figura 86.</i> Capacidad de carga en pilote.	102
<i>Figura 87.</i> Capacidad de carga en pilote en punta.	102
<i>Figura 88.</i> Capacidad de carga en grupo de pilotes.	103
<i>Figura 89.</i> Capacidad de carga en grupo de pilotes 2.	104

1. Desarrollo De Un Aplicativo En Excel Como Herramienta De Apoyo Para El Proceso De Enseñanza-Aprendizaje De La Asignatura Geotecnia II Del Programa De Ingeniería Civil De La Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña

1.1 Planteamiento Del Problema

A mediados del siglo XX la educación superior comienza a tomar un auge que repercute en las maneras tradicionales de enseñar, la universalidad del conocimiento entra en el proceso del desarrollo moderno para adaptarse a las nuevas formas de vida. Y años más tarde llegando al siglo XXI se reafirma la idea de evolucionar con la era de la información y la comunicación.

En esta nueva revolución industrial debemos considerar que la tecnología de la información cumple el mismo papel que las fuentes de energía -el vapor y los combustibles fósiles- tuvieron en las anteriores revoluciones industriales. Lo que hay es un progreso de la información y del conocimiento, pero no como algo central a todas las actividades humanas, sino que es la aplicación de ese conocimiento a aparatos de generación de conocimiento -valga la redundancia- y procesamiento de información lo que más caracteriza esta nueva era. (Jerez, 2013)

Es así como los modelos pedagógicos cambian y empiezan a afrontar retos que den como resultado la transformación del aprendizaje a partir de la globalización. El acelerado cambio de las metodologías van de la mano con la evolución de las tecnologías, y con ello la transformación

digital que influye en todos los aspectos de la sociedad, los modelos económicos, los métodos educativos, y hasta la forma de ver el mundo.

Estos cambios en los modelos de enseñanza conllevan a que todos los programas de estudio a nivel profesional como la ingeniería civil incluyan en sus áreas, las herramientas tecnológicas adecuadas, solventando la necesidad de adaptarse a un nuevo proceso de aprendizaje, donde se desarrollen estrategias teórico-prácticas desde lo didáctico, sin dejar atrás la adquisición de conocimientos fundamentales de la mano de lo tradicional.

El desarrollo y uso de las TIC en la carrera de ingeniería civil seguirá siendo una de las tareas primordiales de las universidades que ofertan este programa de estudios, que deben asumir la responsabilidad de tener que preparar a su alumnado no sólo para acceder a la información sino también para “crear” conocimiento basado en ella... este proceso va a llevarles a una preparación imprescindible para su futuro en la sociedad. (Martinez & Gritti, 2012)

En el caso específico de la asignatura Geotecnia II enfocada en las cimentaciones, del programa de ingeniería civil en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, donde los estudiantes desarrollan competencias idóneas que lleven a la verificación de los estados límites de falla y servicio de una cimentación, entre otras, se ve la oportuna necesidad de apoyar el desarrollo de la asignatura con la aplicación de un instrumento tecnológico que constituya un acompañamiento tanto para el docente como para el estudiante.

Teniendo en cuenta que la utilización y búsqueda de este tipo de herramientas tecnológicas no están a la disponibilidad en la institución y tampoco se encuentran de forma gratuita en la web o si se encuentran no cumplen con las necesidades para ayudar a los resultados de aprendizaje de la asignatura.

Según Lemus (2017) una de las temáticas vistas en esta asignatura son las cimentaciones, éstas como otros temas a tratar por la relevancia que tienen crean la necesidad de mostrarse mediante el desarrollo de instrumentos como software que procesen con inmediatez cálculos para el obtener los mejores resultados en diseños geotécnicos y estructurales.

1.2 Formulación Del Problema

¿Qué aportes se darían en la asignatura Geotecnia II con el desarrollo de un aplicativo en Excel como apoyo al proceso de enseñanza y aprendizaje en el programa de Ingeniería Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General. Desarrollar un aplicativo en Excel como herramienta de apoyo para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura Geotecnia II del programa de ingeniería civil de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

1.3.2 **Objetivos Específicos**

- Realizar un diagnóstico para conocer el uso de aplicaciones informáticas en la asignatura Geotecnia II.
- Diseñar los módulos del aplicativo para determinar el estado límite de falla (Capacidad de Carga) y estado límite de servicio de cimientos superficiales (Asentamientos).
- Diseñar el módulo del aplicativo para determinar capacidad admisible de carga en pilotes y grupos de pilotes.
- Desarrollar una guía de usuario para el uso del aplicativo.

1.4 **Justificación**

En la actualidad el uso de herramientas tecnológicas para el acompañamiento docente en su labor en las aulas, se muestra indispensable para abordar temáticas donde se ejecuten cálculos matemáticos para la resolución de problemas, como se presenta en la asignatura Geotecnia II del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, además de que incremente la adquisición de conocimiento y metodologías para un adecuado desarrollo de los resultados de aprendizaje de la asignatura.

Se hace necesario reconocer la importancia y pertinencia de esta investigación, por los aportes desde lo didáctico, que permitan una evolución en el rendimiento académico de los estudiantes en esta área, como una herramienta complementaria en sus procesos de formación

para mejor entendimiento de los conceptos teóricos que se desarrollan en la asignatura Geotecnia II.

En el desarrollo frecuente de las clases es posible efectuar errores en los extensos cálculos que la asignatura requiere y que necesitan ser optimizados a través de una aplicación de fácil acceso donde se brinde un adecuado manejo que motive al alumno en el proceso de aprendizaje, y que le permita al docente dar a conocer, mediante la herramienta tecnológica, la incidencia de diferentes variables ya sea en la capacidad de carga o en los asentamientos de una cimentación, permitiendo mostrar de forma gráfica el comportamiento ante el cambio simultáneo de una variable o más, por ejemplo la incidencia de la profundidad de cimentación en la capacidad última de carga de una cimentación superficial, el uso de parámetros de resistencia al corte en condición de esfuerzos efectivos o esfuerzos totales o la variación en la inclinación de una carga, del terreno, etc.

Por esta razón, se proyecta desarrollar a través de las herramientas tecnológicas, un aplicativo basado en el software Microsoft Excel que no solo permita realizar los cálculos solicitados con resultados confiables, sino que también sea un instrumento computacional de apoyo al docente y estudiante para el proceso de enseñanza y aprendizaje.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Geográfica. El proyecto se llevará a cabo en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña en su campus principal, Vía Acolsure, Sede el Algodonal con coordenadas 7°53'57"N 72°29'15"O

1.5.2 Temporal. Se contará con un tiempo aproximado de 4 a 6 meses para realizar cumplimiento del objetivo general y lograr el desarrollo del aplicativo como herramienta en la asignatura Geotecnia II que es el propósito final del proyecto.

1.5.3 Conceptual. Dentro de la realización del proyecto se tendrá en cuenta todos los conocimientos adquiridos durante la carrera de ingeniería civil. Académicamente la elaboración del proyecto se encuentra enmarcado en el área de gestión de riesgos, aquí se podrá evidenciar temas como:

- Capacidad de carga en zapatas
- Capacidad de carga en pilotes
- Asentamiento en zapatas
- Aplicación de herramientas tecnológicas

1.5.4 Operativa. Se establecerán las tecnologías e instrumentos pertinentes para la realización de los estudios previos de software implementados en asignaturas como Geotecnia II, para la recopilación de conocimientos que lleven al desarrollo del aplicativo que se realizará. Además de los instrumentos de recolección de datos necesarios para los procesos que se desarrollarán durante todo el avance investigativo, se contará con recursos humanos y físicos, infraestructura digital y espacios virtuales de la Universidad.

2. Marcos Referenciales

2.1 Marco Histórico

Históricamente en las áreas de la construcción que ha tenido a cargo el hombre en sus imprecisos inicios, los esquemas de cimientos en los suelos han sido tratados de manera indeterminada y con razonamientos empíricos, careciendo de estudios que permitan garantizar las capacidades portantes óptimas a intervenir, sin embargo la necesidad de adquirir un desarrollo infraestructural con mayores desafíos y jerarquías ha hecho que las técnicas y el estudio de los mismos sea tomado con gran relevancia al pasar de los tiempos, puesto que es la primera fase y soporte de toda construcción. Sus primeras evidencias documentadas se registran en épocas significativas, durante y a partir de él renacimiento, sobresaliendo en las culturas mesopotámicas, egipcias, griegas y romanas que contribuyeron al afianzamiento arquitectónico y constructivo de la edad antigua y moderna. Pero es gracias a los avances desarrollados por Kart Terzaghi, que la mecánica de los suelos fue reconocida como rama primordial de la ingeniería civil.

Una de las principales contribuciones de Terzaghi a la ingeniería civil es el desarrollo del principio de esfuerzos efectivos... además Terzaghi propuso desarrollar un ciclo de experiencia formado por ajustes sucesivos de predicción, prescripción, diseño y funcionamiento de las obras. Para continuar con el desarrollo de la mecánica de suelos e ingeniería de cimentaciones, Terzaghi propuso el método de observación de casos estudiados donde existiera una buena instrumentación para evaluar y analizar los resultados de las mediciones. Estos

conceptos fueron desarrollados posteriormente por R.B. Peck (1969) en su Método de Observaciones; A. Casagrande (1964) en su Riesgo Calculado y T.W. Lambe (1972) en su Proyecto Integrado. (Alva, 1996)

Otro de los artífices en resaltar la importancia a la hora de consolidar teorías y avances relacionados a los aportes de Terzaghi fue su gran colaborador y compañero de trabajo, el ingeniero Arthur Casagrande, éste:

Cuya iniciativa de organizar el primer congreso internacional de mecánica de suelos e ingeniería de cimentaciones proporcionó el altavoz que necesitaba esa nueva ciencia para su difusión. Al mismo tiempo, más figuras internacionales se fueron uniendo a este periodo de grandes avances e innovadores puntos de vista. (Guillán, 2015)

Actualmente, todo estudio de planeación y ejecución de obra civil en Colombia debe estar propuesto por medio del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente vigente (NSR-10), encargado de controlar los entornos con los que debe contar toda infraestructura en su desarrollo, con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea la más favorable. Específicamente “en el diseño de toda cimentación se deben considerar tanto los estados límites de falla, del suelo de soporte y de los elementos estructurales de la cimentación, como los estados límites de servicio” (Decreto 926, 2010), establecidos a toda ejecución de obra bajo parámetros de estudio designados por el capítulo H-4 de la presente norma, generando a partir de

estas ilustraciones y técnicas recomendadas la elaboración de cimientos convenientes, cuyo propósito sea soportar o reducir los efectos sísmicos y amenazas geotécnicas desfavorables.

2.2 Marco Contextual

Para el progreso del presente proyecto de investigación se contara con la incorporación de herramientas tecnológicas a la ingeniería civil, asociada a la asignatura geotecnia II y los análisis de parámetros donde se propenda cimentar, de manera notable y colaborativa al aprendizaje impartido en las aulas por medio de la elaboración y puesta en marcha de software normatizados a través de Microsoft Excel, logrando garantizar factores de seguridad en los proyectos de ejecución y construcción analizados referentes a cimentaciones junto a la capacidad portante de los suelos.

Este enfoque se asume como una herramienta de apoyo tanto para docentes como estudiantes en el proceso de enseñanza – aprendizaje, logrando mitigar errores en la aplicación de fórmulas de forma manual a modo de optimizar tiempos en la solución de resultados de manera práctica, precisa y confiable.

2.3 Marco Conceptual

Geotecnia

“Se podría describir a esta disciplina como el conjunto de conocimientos que permiten abordar racionalmente la solución de los problemas causados por la modificación del entorno geológico. El objeto de estudio de la Geotecnia es, por tanto, el terreno.” (Gens, s.f)

La alteración del medio geológico puede tener varias causas. La más frecuente será la actividad humana – en sentido amplio – pero hay que recordar que muchos problemas de la ingeniería del terreno responden también a causas naturales, asociadas o no a actuaciones humanas. El objetivo de la Geotecnia es permitir dar una respuesta eficaz y fundamentada al problema resultante. En general, esta respuesta debería asegurar dos cosas: en primer lugar tener un suficiente margen de seguridad frente a la posibilidad de rotura y en segundo lugar asegurar que los movimientos causados en y por el terreno son lo suficientemente pequeños para no afectar seriamente a las funciones de nuestra estructura. (Gens, s.f)

Suelos

Para la ingeniería el suelo se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) con líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas sólidas. El suelo se utiliza como material de construcción en diversos proyectos de ingeniería civil y con cimientos estructurales. (Braja Das, 2015)

Suelo de soporte

Capa de materiales térreos que están bajo el cimiento (apoyo) o sobre él (sobrecarga). Es también un material de construcción presente en la zona, no designado por el ingeniero.

Cimiento

Es la conformación de todos los elementos estructurales encargados de transmitir al terreno las cargas que soporta la estructura del edificio. De modo general se puede decir que existen dos tipos de cimiento según vayan a soportar esfuerzos de compresión pura o además, tensiones de tracción. (Desconocido, s.f).

Los cimientos pueden clasificarse atendiendo a su profundidad en superficiales y cimientos profundos. Cimientos superficiales en las que se consideran: zapatas aisladas, combinadas, continuas y losas de cimentación. Cimientos profundos: En general, se considera cuando su extremo inferior sobre el terreno se encuentra a una profundidad superior a ocho veces su anchura o diámetro. Se consideran cuatro configuraciones principales: pilotes aislados, grupos de pilotes, zonas pilotadas y micropilotes.

Cimentación

Conformación de los dos componentes, suelo de soporte y cimiento. Es el elemento estructural de transición de cargas al suelo y la zona de terreno cuyo comportamiento resulta afectado por las cargas

Capacidad de carga portante o de soporte

“Esfuerzo vertical al que puede ser sometida una masa de suelo, por efecto de la construcción de estructuras sobre ella, sin que presenten asentamientos que pongan en peligro la integridad o funcionalidad de dichas estructuras.” (Orozco & Ramírez, 2020)

La capacidad portante se refiere específicamente al riesgo de formación de superficies de falla por corte o zonas plásticas en el suelo de soporte, que generan grandes desplazamientos o el colapso del cimiento, cuando la presión promedio de la fundación-suelo alcanza un valor crítico se denomina capacidad de carga última (q_{ult}). (Orozco & Ramírez, 2020)

Consolidación

“Es la reducción gradual de volumen del suelo por compresión debido a la aplicación de cargas estáticas. También puede darse por pérdida de aire o agua, o por un reajuste de la fábrica textural.” (Duque, 2003)

Asentamiento

“Descenso de cualquier punto de la cimentación de un edificio” (Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, 2019), causado por un aumento de esfuerzo trasferido por la construcción que comprime las capas del suelo, deformando las partículas y reorientándolas a causa de expulsión de aire o agua de los espacios vacíos. Se pueden considerar los asentamientos diferenciales como la diferencia entre dos puntos cualesquiera de la cimentación y asentamientos totales, este último conformado por asentamientos elásticos, asentamientos por consolidación primarios y secundarios.

Herramientas tecnológicas

La tecnología es la congregación de diversos conocimientos, que se formula a través del progreso de las destrezas y habilidades orientadas en evidencia en el uso de herramientas, instrumentos, maquinarias y materiales y se manifiesta en formas como: hardware, SOFTWARE, humaneware o manpower.

Las herramientas tecnológicas se implementan para facilitar el trabajo y lograr que los recursos sean aplicados eficientemente intercambiando información y conocimiento dentro y fuera de las organizaciones.

Los tipos de herramientas tecnológicas, más habituales en la inclusión laboral y académica podemos mencionar los procesadores de texto, gráficos, animación y hojas de cálculos como

Excel. Esta última la cual se presenta como instrumento bajo una plantilla de cálculo desarrollada por Microsoft que permite hacer variadas operaciones matemáticas de manera automática en filas y columnas que pueden ser adecuadas o modificadas a las necesidades de usuario permitiendo además la creación de software bajo lenguaje de programación en macros conformadas a través de Visual Basic.

2.4 Marco Teórico

Teorías de capacidad de carga

Los métodos que se utilizan para resolver los problemas de ingeniería civil referentes a la capacidad de carga del suelo como cimiento se fundamentan en las matemáticas aplicadas y en la mecánica del medio continuo, contando esta última con dos disciplinas: la teoría de la elasticidad y la teoría de la plasticidad.

Las teorías de capacidad de carga más utilizadas en la actualidad se basan en la Teoría de la Elasticidad, entre las hipótesis más comunes de esta teoría cabe mencionar que el suelo es homogéneo e isótropo y no se consideran efectos en el tiempo ni efectos de temperatura. (Duran, 2015).

Teoría de Terzaghi

Puede considerarse que Terzaghi al ampliar el planteamiento de Prandtl, y proponer un mecanismo de falla para un cimiento poco profundo, se convierte en un iniciador de la

adaptación y aplicación de teorías de la Mecánica del Medio Continuo a problemas que puede decirse que corresponden actualmente al campo de la Mecánica de suelos.

En su planteamiento, Terzaghi, llega a la propuesta de una ecuación para obtener la Capacidad de carga última (q_{ult}) para una zapata alargada.

$$q_{ult} = cN_cS_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma S_\gamma \quad (1)$$

Dónde:

$$q = \gamma D_f$$

c = cohesión del suelo

γ = peso unitario del suelo

Para el cálculo de los factores de capacidad de carga N_c , N_q y N_γ Terzaghi establece ecuaciones en función del ángulo de fricción interna ϕ .

Teoría de Meyerhof

Meyerhof formuló una ecuación de capacidad de carga similar a la de Terzaghi pero incluyó factores de profundidad y propuso usar factores de inclinación para reducir la capacidad de carga cuando la carga resultante estuviera inclinada desde la vertical en un ángulo θ .

Estas consideraciones producen la siguiente ecuación de la capacidad de carga última

$$q_{ult} = cN_cS_c d_c i_c + qN_q S_q d_q i_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma \quad (2)$$

Hasta una profundidad D aproximada a la medida de la base B , los valores para la capacidad de carga calculados por Meyerhof no son muy diferentes de los valores calculados por

Terzaghi. La diferencia se vuelve más pronunciada a mayores proporciones D/B (Bowles, 1997).

Teoría de Hansen

La solución dada por Hansen tiene en cuenta la corrección de Meyerhof, e incluye otros factores de corrección como forma de la cimentación [$S_{(\gamma;c;q)}$], profundidad de cimentación [$d_{(\gamma;c;q)}$], inclinación de la carga [$i_{(\gamma;c;q)}$] e inclinación del terreno [$g_{(\gamma;c;q)}$]. (Quesada, 2017)

Teniendo en cuenta la estructura de la expresión planteada por Terzaghi y las correcciones hechas por sus sucesores, la expresión general para la capacidad de carga última queda definida como:

$$q_{ult} = cN_c S_c d_c i_c g_c b_c + qN_q S_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma \quad (3)$$

La ecuación de Hansen permite implícitamente cualquier D/B y, por lo tanto, puede usarse tanto para zapatas y bases profundas (pilotes). La inspección del término qN_q sugiere un gran aumento de carga última (q_{ult}) con gran profundidad. (Bowles, 1997)

Hansen también propone una ecuación general de capacidad de carga última para suelos cohesivos donde el ángulo de fricción interna es cero ($\varphi = 0$)

$$q_{ult} = 5.4c(1 + s'_c + d'_c - i'_c - g'_c - b'_c) + q \quad (4)$$

Método de Área Efectiva: Cimentaciones cargadas excéntricamente

Al igual que con la cimentación de un muro de contención, hay varios casos en los que las cimentaciones están sometidas a momentos, en tales casos, la distribución de la presión ejercida por la cimentación sobre el suelo no es uniforme.

El factor de seguridad para tales tipos de carga contra la falla en la capacidad de carga puede ser evaluado utilizando el procedimiento sugerido por Meyerhof (1953) que se conoce generalmente como el método de área efectiva para excentricidades en una dirección y la teoría de Hightler y Anders (1985) para doble excentricidad.

Asentamientos inmediatos en cimentaciones poco profundas

- **Teoría de la elasticidad: suelos cohesivos**

Esta teoría se basa en considerar la cimentación perfectamente flexible donde el cálculo para el asentamiento en una esquina de la zapata se expresa como:

$$S_i = \frac{q \cdot B \cdot (1 - \mu^2) \cdot I_s \cdot I_f}{E_s} \quad (5)$$

Dónde:

q = Presión neta aplicada sobre la cimentación

B = Ancho del cimiento

μ = Coeficiente de Poisson para el suelo

E_s = Módulo de elasticidad promedio del suelo

I_s = Factor de influencia por forma del cimiento (Steinbrenner, 1934)

I_f = Factor de influencia por profundidad del cimiento (Fox, 1948)

- **Método de del factor de influencia de la deformación: suelos granulares**

Este método se basa en asumir la distribución de la deformación vertical que se desarrolla debajo de la zapata, usando el factor de influencia de la deformación unitaria semi-empírico propuesto por Schmertmann. (1978). La solución a continuación permite calcular la deformación elástica en el centro de la cimentación:

$$S_i = C_1 * C_2 * \Delta q * \sum \left[\left(\frac{I_z}{E_s} \right) \Delta z \right] \quad (6)$$

$$\Delta q = \frac{P}{A} - \sigma'_{v_0} \quad (7)$$

Dónde:

I_z = factor de influencia de la deformación unitaria

σ'_{v_0} = Esfuerzo vertical efectivo hasta la profundidad de la cimentación

C_1 = factor de corrección para la profundidad de empotramiento de la cimentación

C_2 = factor de corrección para tener en cuenta la fluencia en el suelo

Capacidad de carga en pilotes

Para propósitos de diseño, la carga última es convencionalmente separada en dos componentes, la carga soportada por la fricción superficial Q_s y la carga soportada en la punta del pilote Q_p , que se superponen de la siguiente manera:

$$Q_u = Q_p + Q_s = q_p A_p + q_s A_s \quad (8)$$

A_s y A_p representan, respectivamente, las áreas de apoyo de la base y el eje de la cimentación; q_p y q_s , son la unidad base y resistencias del eje expresadas en unidades de tensión (ton/pe^2 o Kpa)

Estas resistencias unitarias dependen de varios parámetros, los más importantes son la resistencia y características de deformación, el estado inicial de esfuerzo de los estratos del suelo involucrados, así como la forma, tamaño, propiedades del material y método de colocación de la base. (Vesic, 1977)

Capacidad de soporte en punta de un pilote, Q_p

Para arenas la capacidad de carga de la punta del pilote puede expresarse como:

$$Q_p = A_p q_p = A_p (c' N_c^* + q' N_q^*) \quad (9)$$

Dónde:

A_p = zona de la punta del pilote

c' = cohesión del suelo apoyando la punta del pilote

q_p = resistencia al punto de unidad

q' = tensión vertical eficaz a nivel de la punta del pilote

N_c^*, N_q^* = factores de capacidad de carga

Existen varios métodos para calcular la magnitud de q_p (Braja Das, 2015)

- **Método de Meyerhof para el cálculo de Q_p**

En arenas, la cohesión c' es igual a cero. Por lo tanto la ecuación (9), toma la siguiente forma:

$$Q_p = A_p q_p = A_p q' N_q^* \quad (10)$$

Donde N_q^* Varía con respecto a el ángulo de fricción con el suelo, φ .

Para pilotes en arcillas saturadas en condiciones sin drenaje el ángulo de fricción es igual a cero ($\varphi = 0$). Por lo tanto la ecuación (9), toma la siguiente forma:

$$Q_p = A_p q_p = N_c^* c_u A_p = 9 c_u A_p \quad (11)$$

Donde c_u es la cohesión no drenada del suelo debajo de la punta del pilote. (Braja Das, 2015)

- **Método de Vesic para el cálculo de q_p**

La ecuación para el cálculo de q_p según Vesic debe ser utilizada en la siguiente forma:

$$q_p = c' N_c^* + \sigma_0 N_\sigma^* \quad (12)$$

En el que N_c^* y N_σ^* son factores apropiados, relacionados entre sí, y σ_0 representa el esfuerzo del suelo normal promedio

Para arcillas saturadas en donde $\varphi = 0$, la ecuación para el cálculo de capacidad de carga en punta es la siguiente:

$$Q_p = A_p q_p = A_p c_u N_c^* \quad (13)$$

Donde la variación de N_c^* depende el índice de rigidez reducida para el suelo I_{rr}

- **Método de Coyle y Castello para estimar Q_p en arenas**

Coyle y Castello sugiere que en arena la resistencia en punta se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_p = A_p q' N_q^* \quad (14)$$

Dónde:

q' = esfuerzo vertical efectivo en la punta del pilote

N_q^* = Factor de capacidad de carga

Métodos para calcular la capacidad de carga por fricción Q_s en arenas

- **Método clásico de la mecánica de suelos**

La resistencia a la fricción o resistencia superficial de un pilote puede escribirse como:

$$Q_s = \sum p * \Delta L * f \quad (15)$$

En donde p es el perímetro de la sección del pilote, ΔL es la longitud incremental del pilote sobre la cual “ p ” y “ f ” se consideran constantes y “ f ” la resistencia unitaria por fricción a cualquier profundidad.

- **Método Coyle y Castelo**

Coyle y Castelo formularon la siguiente ecuación para calcular la capacidad de carga por fricción en arenas

$$Q_s = f_{prom} * p * L = (k\sigma'_0 \tan\delta) * p * L \quad (16)$$

Dónde:

σ'_0 = Presión de sobrecarga efectiva promedio

δ = ángulo de fricción entre suelo y pilote

k = coeficiente de presión lateral de tierra

Métodos para calcular la capacidad de carga por fricción Q_s en arcillas

- **Método λ**

Este método fue propuesto por Vijayvergiya y Focht (1972). Se basa en el supuesto de que el desplazamiento del suelo causado por la colocación de pilotes resulta en una presión lateral a cualquier profundidad y en una resistencia unitaria promedio superficial de

$$f_{prom} = \lambda(\bar{\sigma}_0 + 2c_u) \quad (17)$$

Dónde:

$\bar{\sigma}_0$ = esfuerzo efectivo vertical para toda la longitud de empotramiento

c_u = resistencia al corte no drenada promedio ($\varphi = 0$)

El valor de λ cambia con la profundidad de penetración del pilote, por lo tanto, la resistencia total a la fricción puede ser calculada como

$$Q_s = p * L * f_{prom} \quad (18)$$

- **Método α**

De acuerdo con este método, la resistencia unitaria de la superficie en suelos arcillosos se puede representar por la ecuación (19)

$$f = \alpha c_u \quad (19)$$

Por lo tanto la ecuación para calcular la capacidad de carga por fricción en arcillas toma la siguiente forma

$$Q_s = \sum f p \Delta L = \sum \alpha c_u p \Delta L \quad (20)$$

Donde α es un factor de adhesión empírica. (Braja Das, 2015)

- **Método β**

$$f = \beta \sigma'_0 = (K \tan \phi'_R) \sigma'_0 \quad (21)$$

Donde:

σ'_0 = esfuerzo efectivo vertical

ϕ'_R = ángulo de fricción drenada de arcilla remodelada

K = coeficiente de empuje

Conociendo el valor de f de la ecuación (21) la resistencia total a la fricción puede ser evaluada como:

$$Q_s = \sum f p \Delta L \quad (22)$$

2.5 Marco Legal

Para el desarrollo del aplicativo se denotan teorías planteadas en el proyecto de investigación, cuyos cálculos internos de análisis y ejecución en el software serán orientados por normativas técnicas y licencias vigentes para una correcta disposición y uso del mismo como lo son:

- Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10), creada por la ley 400 de 1997 (Modificada Ley 1229 de 2008 y promulgada por el decreto 926 del 19 de marzo de 2010). (Ley 400 , 2010)
- Manual de Diseño de Cimentaciones Superficiales y Profundas Para Carreteras (2012), establecida por el Instituto Nacional de Vías y avalada por el Ministerio de Transporte instituto nacional de vías, subdirección de apoyo técnico de la república de Colombia. (Ministerio de Transporte , 2012)
- Norma Colombiana de Diseño de Puentes – LRFD (CCP 14), instaurada por el Ministerio del Transporte y el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), junto a la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (Ministerio de Transporte , 2013)
- Licencias de software, la ley 603 de 2000. Encargada de controlar la legalización y uso de software en empresas, compañías e instituciones que requieran de aplicativos tecnológicos, esta ley fomenta la protección de la propiedad intelectual y evita el incremento de la piratería en Colombia. (Ley 603, 2000)

3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación se genera de forma descriptiva al afrontar la capacidad de describir la importancia y necesidad de los parámetros de análisis en los cimientos de manera correcta y precisa por medio de ecuaciones matemáticas sistematizadas bajo un software aplicado en Microsoft Excel.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población. La población objetiva para el análisis de la información se enfoca de manera cuantitativa dentro de un entorno específico conocido, abarcando a todos los estudiantes del programa de ingeniería civil, llegando hasta los docentes a cargo de la línea geotécnica de dicho programa académico de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, teniendo un tamaño de población de 805 individuos que cumplen con las cualidades señaladas.

3.2.2 Muestra. Con el propósito de determinar el cálculo del tamaño muestral que satisfaga los requisitos contemplados para dicha recolección de información, se empleará el uso de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{z^2 * N * p * q}{p * q * z^2 + (N - 1) * e^2}$$

Dónde:

n: Tamaño de muestra

z: Nivel de confianza

N: Tamaño de la población

p: Proporción deseada

q: Proporción no deseada

e: Error máximo tolerable

- Tamaño muestral. Es el subconjunto de la población obtenido mediante fórmulas matemáticas para obtener una muestra confiable de información.
- Nivel de confianza. Es el valor establecido por el investigador que expresa la certidumbre de que los datos estén en un margen de error, $96,3\% = 2,08$.
- Tamaño de la población. Es el universo o colectivo con características en común a la que está enfocada la investigación.
- Proporción deseada. Porcentaje de sujetos de la población que tienen en común los distintivos que buscamos medir, valor recomendado 50%.
- Proporción no deseada. Porcentaje de sujetos de la población que no comparten los distintivos que buscamos medir, valor recomendado ($q = 1 - p$).
- Error máximo tolerable. Es la diferencia que se puede obtener entre los resultados evaluados con la muestra a los posibles resultados evaluando toda la población.

Aplicación de la formula teniendo en cuenta los parámetros mencionados anteriormente

$$n = \frac{2,08^2 * 805 * 0,5 * 0,5}{0,5 * 0,5 * 2,08^2 + (805 - 1) * 0,1^2}$$

$$n = 26,19 \approx 27 \text{ Individuos}$$

3.3 **Recolección de Información**

La recolección de información se realiza mediante métodos cuantitativos usando como fuentes primarias en el desarrollo de sus fases los siguientes instrumentos:

Fase conceptual. Para la obtención de información en el desarrollo de esta fase relacionada con la ilustración de hipótesis de investigación se dispone como fuente primordial el internet, y Norma Sismo Resistente Colombiana en su Título H – Estudios Geotécnicos.

Fase metodológica. En la fase metodológica se indica como instrumento de recolección de información el uso de encuesta virtual realizada con formulario de Google denotándola como pieza previa y fundamental para la estructuración y viabilidad del proyecto, además del uso de Microsoft Excel como punto de desarrollo en el análisis de resultados para el aplicativo de apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la materia geotecnia II.

3.4 **Análisis de Información**

Fase conceptual. Las investigaciones realizadas mediante el uso de la web y la Norma Colombiana Sismo Resistente en su Título H, se indagan por medio del planteamiento y formulación de la pregunta, definición de objetivos, sustentados en referencias bibliográficas.

Fase metodológica. La información obtenida bajo el instrumento de encuesta digital se analizará mediante gráficos porcentuales precisando el número de la muestra y sus respuestas a las diferentes preguntas elaboradas, buscando resaltar la importancia que enmarca el desarrollo

de todo el proyecto, así mismo los análisis arrojados por el software aplicado se elaboraran a través de comandos lógicos diseñados por un conjunto de macros soportadas bajo normativas.

4. Resultados

4.1 Realizar un diagnóstico para conocer el uso de aplicaciones informáticas en la asignatura geotecnia II

4.1.1 Alcances: Usando como fuentes primordial el internet se accede a la herramienta Formulario de Google para dar contenido al esquema de encuesta diseñada con un conjunto de cinco preguntas visualizada en el “**Apéndice B**”, la cual se logra diligenciar a través de correos institucionales y examinar mediante gráficos porcentuales en Microsoft Excel precisando el número de la muestra (27 individuos) y sus respuestas a las diferentes preguntas planteadas, recolectando de esta manera la información precisa para dar prelación a la creación de aplicaciones informáticas en la asignatura prevista.

4.1.2 **Análisis de resultados evidenciados por gráficos estadísticos, recolectados por medio de encuesta aplicada a la muestra poblacional.**



Figura 1. Pregunta uno de encuesta del diagnóstico. Autores del documento. (2021)

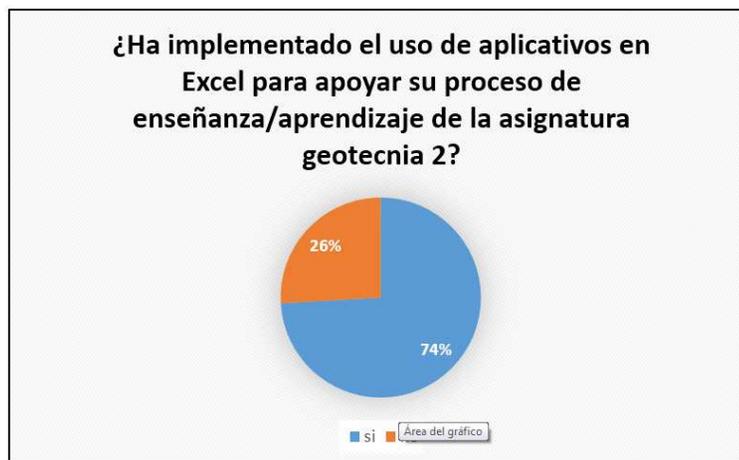


Figura 2. Pregunta dos de encuesta del diagnóstico. Autores del documento. (2021)



Figura 3. Pregunta tres de encuesta del diagnóstico. Autores del documento. (2021)

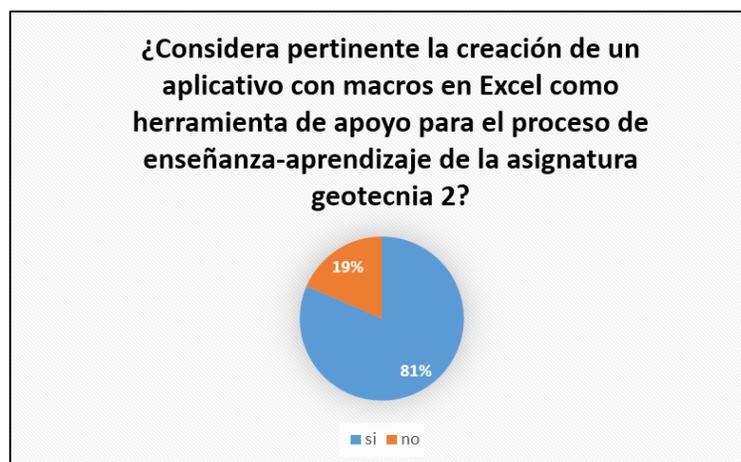


Figura 4. Pregunta cuatro de encuesta del diagnóstico. Autores del documento. (2021)



Figura 5. Pregunta cinco de encuesta del diagnóstico. Autores del documento. (2021)

4.2 Diseñar los módulos del aplicativo para determinar el estado límite de falla (Capacidad de carga) y estado límite de servicio de cimientos superficiales (Asentamientos).

Los diseños de módulos correspondientes a cimientos superficiales requiere de una pequeña base de datos interna compuesta por postulados, gráficos y cuadros de los diferentes autores incorporados en la investigación realizada previamente, en los que se logran dividir seis sub-módulos bajo la misma interfaz para lograr individualizar los casos y procesos que se presentan en cada autor junto a sus respectivas teorías.

4.2.1 Alcances: Se presentan tres moduladores en los que se consigue determinar los estados límites de falla los cuales permite establecer el análisis a preferencia bajo las teorías de Terzagui, Hansen, Meyerhof, junto a hipótesis de Hansen respecto a suelos cohesivos y dependiente a especificaciones como nivel freático, tipo de cimiento (Cimiento cuadrado, rectangular, circulares o continuo), logrando diferir los resultados obedecidos por la existencia o

carencia de cargas excéntricas sobre los mismos. Además otros tres moduladores encargados de analizar los estados límites de servicio de forma independiente en asentamientos inmediatos dado en suelo cohesivos (una y dos capas) y suelos granulares, o por consolidación (en área bajo condiciones de carga finita) bajo el cimiento y dependiente de igual forma a nivel freático, clasificación de suelos (arenas o arcillas), tipo de cimiento (cimiento cuadrado, rectangular o continuo), frente a las teorías o postulados presentados por los autores y mencionando anteriormente.

4.2.2 Limitaciones: El aplicativo solo obedece a unidades designadas del sistema internacional para los análisis adecuados. En los casos de estudios mencionados en los módulos no se tiene en cuenta el análisis por casos de suelos estratificados.

4.2.3 Figuras propias para elaboración de base de datos interna correspondientes a los módulos de capacidad de carga y asentamiento, conformada por tablas y gráficas propias a diversas teorías requeridas para los análisis internos.

Tabla 22. Factores de capacidad de carga Terzaghi

ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5,7	1	0
5	7,34	1,64	0,5
10	9,6	2,69	1,2
15	12,86	4,45	2,5
20	17,69	7,44	5
25	25,13	12,72	9,7
26	27,09	14,21	11,7
28	31,61	17,81	15,7
30	37,16	22,46	19,7
32	44,04	28,52	27,9
34	52,64	36,5	36
35	57,75	41,44	42,4
40	95,66	81,27	100,4
44	151,95	147,73	257

Figura 6. Representación de factores de capacidad de carga Terzaghi. Autores del documento. (2021)

Tabla 23. Factores de capacidad de carga Meyerhof

ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5,14	1	0
5	6,49	1,57	0,07
10	8,34	2,47	0,37
15	10,98	3,94	1,13
20	14,83	6,4	2,87
25	20,72	10,66	6,77
26	22,25	11,85	8
28	25,8	14,72	11,19
30	30,14	18,4	15,67
32	35,49	23,18	22,02
34	42,16	29,44	31,15
35	46,12	33,3	37,15
40	75,31	64,19	93,69
44	118,37	115,31	211,41

Figura 7. Representación de factores de capacidad de carga Meyerhof. Autores del documento. (2021)

Tabla 24. Factores de capacidad de carga Hansen

ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5,14	1	0
5	6,49	1,57	0,07
10	8,34	2,47	0,39
15	10,98	3,94	1,18
20	14,83	6,4	2,95
25	20,72	10,66	6,76
26	22,25	11,85	7,94
28	25,8	14,72	10,94
30	30,14	18,4	15,07
32	35,49	23,18	20,79
34	42,16	29,44	28,77
35	46,12	33,3	33,92
40	75,31	64,19	79,54
44	118,37	115,31	165,58

Figura 8. Representación de factores de capacidad de carga Hansen. Autores del documento. (2021)

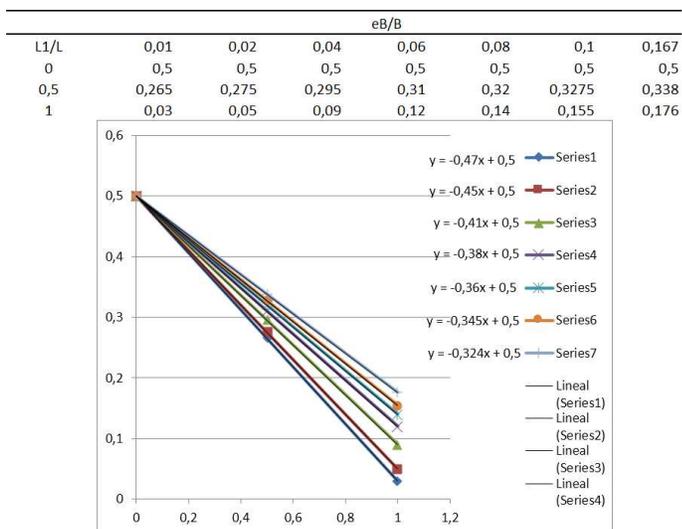


Figura 9. Representación gráfica de valores de L1/L de área efectiva para excentricidades CASO II. Autores del documento. (2021)

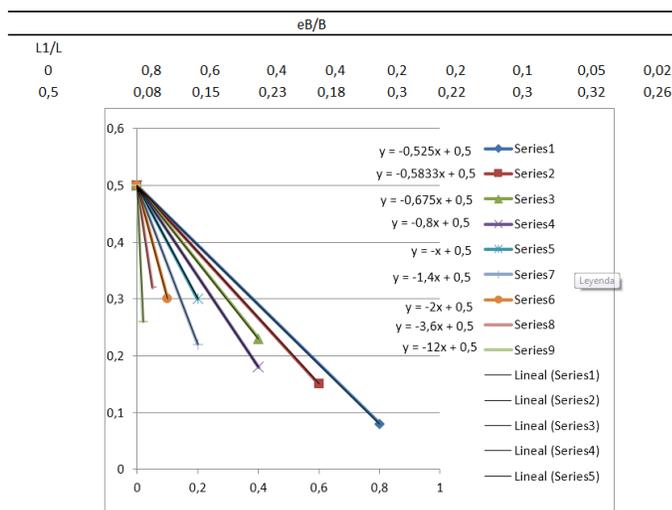


Figura 10. Representación gráfica de valores de $L2/L$ de área efectiva para excentricidades CASO II. Autores del documento. (2021)

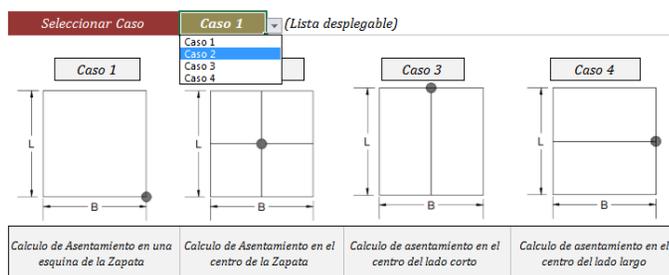


Figura 11. Selección de tipo de caso. Autores del documento. (2021)

4.2.4 Diseño de módulo de capacidad de carga (sin cargas excéntricas)

Para el diseño de módulo de capacidad de carga sin excentricidad se establecieron un grupo de casillas pertinentes para el ingreso de datos como paso fundamental para la posterior obtención de resultados por medio de botones con macros implícitas que

permiten determinar, analizar y calcular criterios según datos ingresados por el usuario, reconociendo la siguiente nomenclatura y unidades de ingreso:

- Peso específico de suelos: (γ_m) (kN/m³).
- Angulo de fricción: (φ) (°).
- Cohesión: (C') (kPa).
- Inclinação del terreno: (α) (°).
- Profundidad del nivel freático: (z) (m).
- Carga ultima aplicada: (P) (kN).
- Inclinação de la carga: (θ) (°).
- Factor de seguridad: ($F.S$) (adimensional).
- Profundidad de cimentación: (D_f) (m).
- Dimensiones del cimiento: ($B - L$) (m).

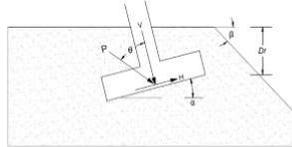
4.2.4.1 Elaboración de interfaz del modulo

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA

INTRODUCIR DATOS DEL TERRENO

Peso específico del suelo	γ_m	19,00 kN/m ³	Inclinação del terreno	α	30 °
Angulo de fricción	φ	44 °	Profundidad del nivel freático	z	10 m
Cohesión	C'	12,00 kPa			

INTRODUCIR DATOS DE CARGA



Carga última en kN	P	400 kN
Inclinação de la carga	θ	0 °
Factor de seguridad	$F.S$	3,0

Figura 1. Variables presentes en la cimentación

SELECCIONAR TIPO DE CIMIENTO

Cimiento Cuadrado

Cimiento Rectangular

Cimiento Continuo

Cimiento Circular

Figura 12. Visualización 1 de interfaz capacidad de carga. Autores del documento. (2021)

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA

INTRODUCIR DATOS DEL CIMIENTO - CIMIENTO RECTANGULAR

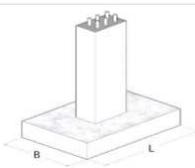


Figura 3. Cimiento Rectangular

Profundidad de cimentación	D_f	2 m
Base de cimiento	B	2 m
Longitud de cimiento	L	2 m
Inclinación de base del cimiento	α	0°

SELECCIONAR TEORIA

Teoría de Terzaghi

Teoría de Hansen

Recomendación de Bowles

Teoría de Meyerhof

Teoría de Hansen - Suelos cohesivos

Figura 13. Visualización 2 de interfaz capacidad de carga. Autores del documento. (2021)

4.2.4.2 Programación de macros específicas para cada comando del modulo

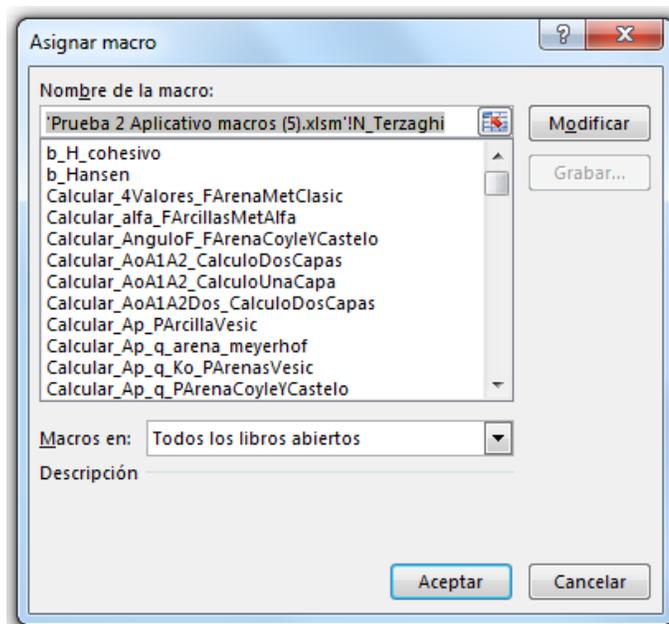


Figura 14. Macros de módulo de capacidad de carga. Autores del documento. (2021)

4.2.5 Diseño de módulo de capacidad de carga (Excentricidades Unidireccional)

En el diseño de módulo de capacidad de carga con excentricidad en una dirección se constituyeron un grupo de casillas pertinentes para el ingreso de datos como paso primordial para la posterior obtención de resultados a través de botones con macros implícitas que acceden a determinar, analizar y calcular criterios según datos integrados por el usuario, reconociendo la siguiente nomenclatura y unidades de ingreso:

- Peso específico de suelos: (γ_m) (kN/m³),
- Angulo de fricción: (φ) (°)
- Cohesión: (C') (kPa)
- Inclinación del terreno: (α) (°),
- Profundidad del nivel freático: (z) (m),
- Carga ultima aplicada: (P) (kN),
- Inclinación de la carga: (θ) (°),
- Factor de seguridad: ($F.S$) (adimensional)
- Excentricidad de carga en una dirección: ($e_B - e_L$) (m)
- Profundidad de cimentación: (D_f) (m),
- Dimensiones del cimient: ($B - L$) (m),
- Inclinación de base del cimient: (α) (°)

4.2.5.1 Elaboración de interfaz del modulo

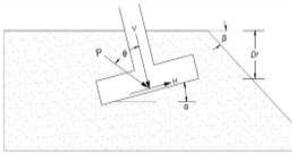
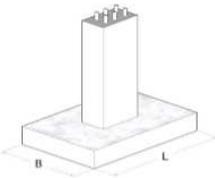
CAPACIDAD DE CARGA - UNA EXCENTRICIDAD					
INTRODUCIR DATOS DEL TERRENO					
reso específico del suelo	γ_m	16,80 kN/m ³	Inclinación del terreno	α	30 °
Ángulo de fricción	φ	30 °	Profundidad del nivel freático	z	80 m
Cohesión	c'	20,00 kN/m ³			
INTRODUCIR DATOS DE CARGA					
		Carga última en kN	P	0 kN	
		Inclinación de la carga	θ	0 °	
		Factor de seguridad	$F.S$	4,0	
<p>Figura 1. Variables presentes en la cimentación</p>					
Excentricidad de la carga	$e_B = \frac{M_y}{P}$	0,2 m	$e_L = \frac{M_x}{P}$		
INTRODUCIR DATOS DEL CIMIENTO - CIMIENTO RECTANGULAR					
		Profundidad de cimentación	D_f	2 m	
		Base de cimiento	B	2 m	
		Longitud de cimiento	L	2 m	
		Inclinación de base del cimiento	α	0 °	
<p>Figura 2. Cimiento Rectangular</p>					

Figura 15. Capacidad de carga una excentricidad. Autores del documento. (2021)

4.2.5.2 Programación de macros específicas para cada comando del modulo

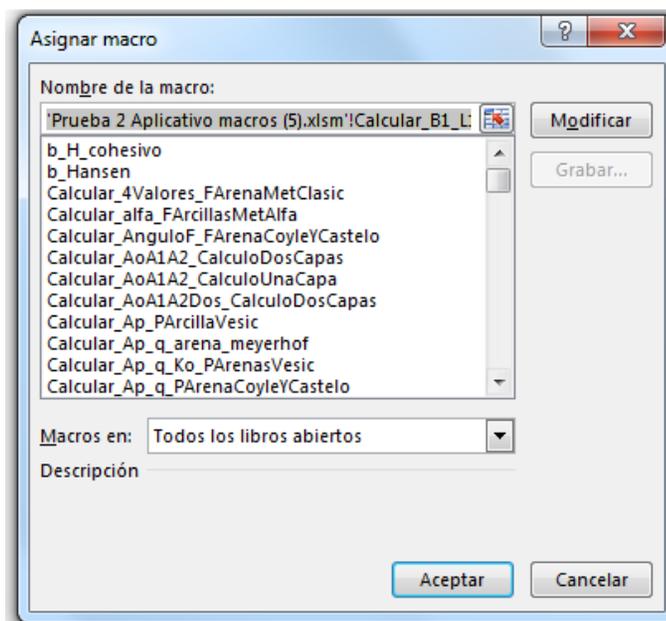


Figura 16. Macros de módulo de capacidad de carga excéntrica unidireccional. Autores del documento. (2021)

4.2.6 Diseño de módulo de capacidad de carga (Excentricidad Bidireccional)

El diseño de módulo de capacidad de carga con excentricidad en dos direcciones se constituyó una serie de casillas adecuadas para el ingreso de datos a modo preliminar para la obtención de resultados con ayuda de botones con macros implícitas que permiten determinar, analizar y calcular los criterios requeridos conforme a datos ingresados por el usuario, reconociendo la siguiente nomenclatura y unidades de ingreso:

- Peso específico de suelos: (γ_m) (kN/m³),
- Angulo de fricción: (φ) (°)
- Cohesión: (C') (kPa)
- Inclinación del terreno: (α) (°),

- Profundidad del nivel freático: (z) (m),
- Carga ultima aplicada: (P) (kN),
- Inclinación de la carga: (θ) ($^{\circ}$),
- Factor de seguridad: ($F.S$) (adimensional)
- Excentricidad de carga en dirección corta: (e_B) (m)
- Excentricidad de carga en dirección larga : (e_L) (m)
- Profundidad de cimentación: (D_f) (m),
- Dimensiones del cimient: ($B - L$) (m),
- Inclinación de base del cimient: (α) ($^{\circ}$)

4.2.6.1 Elaboración de interfaz del modulo

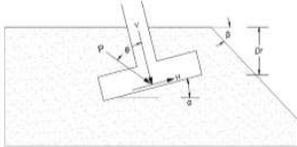
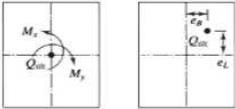
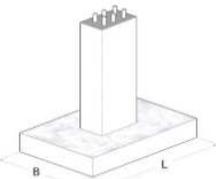
CAPACIDAD DE CARGA - DOBLE EXCENTRICIDAD					
INTRODUCIR DATOS DEL TERRENO					
peso específico del suelo	γ_m	16,80 kN/m ³	Inclinación del terreno	α	30 °
Angulo de fricción	φ	30 °	Profundidad del nivel freático	z	80 m
Cohesión	C'	20,00 kN/m ³			
INTRODUCIR DATOS DE CARGA					
		Carga última en kN	P	0 kN	
<p style="text-align: center;"><i>Figura 1. Variables presentes en la cimentación</i></p>		Inclinación de la carga	θ	0 °	
<p>Excentricidad de la carga</p> $e_B = \frac{M_y}{P} = 0,2 \text{ m}$ $e_L = \frac{M_x}{P} = 0,2 \text{ m}$		Factor de seguridad	$F.S$	4,0	
					
INTRODUCIR DATOS DEL CIMIENTO - CIMIENTO RECTANGULAR					
		Profundidad de cimentación	D_f	2 m	
<p style="text-align: center;"><i>Figura 2. Cimiento Rectangular</i></p>		Base de cimiento	B	2 m	
		Longitud de cimiento	L	2 m	
		Inclinación de base del cimiento	α	0 °	

Figura 17. Visualización 1 de interfaz C-E. Autores del documento. (2021)

4.2.6.2 Programación de macros específicas para cada comando del modulo

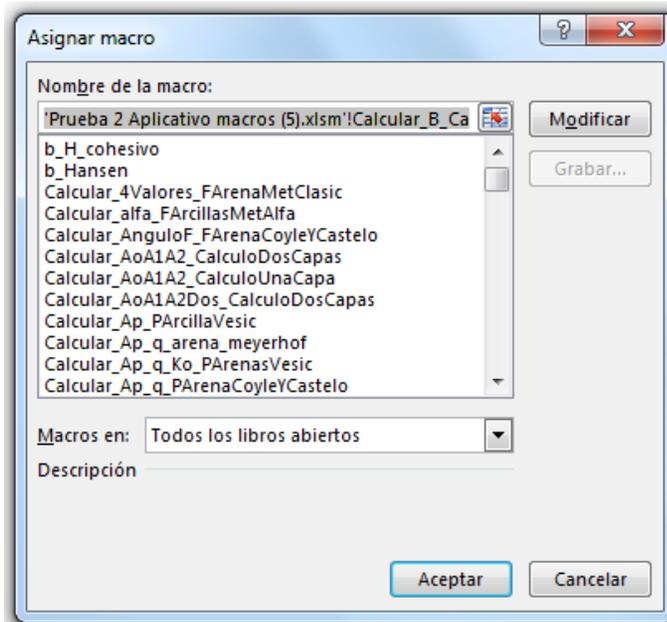


Figura 18. Macros de módulo de capacidad de carga doble excentricidad. Autores del documento. (2021)

4.2.7 Diseño de módulo de asentamientos inmediatos suelos cohesivos

Para el diseño de módulo de asentamiento inmediato en suelos cohesivos se establecieron grupos de casillas pertinentes para el ingreso de datos como paso fundamental en la posterior obtención de resultados por medio de botones con macros implícitas que permiten determinar, analizar y calcular criterios según datos ingresados por el usuario, reconociendo la siguiente nomenclatura y unidades de ingreso:

- Presión transmitida al suelo: (q) (kN/m²)
- Profundidad de cimentación: (D_f) (m)
- Dimensiones del cimientto: ($B - L$) (m)
- Profundidad de capa: ($y_1 - y_2$) (m)

- Módulo de elasticidad: ($E_1 - E_2$) (kPa)
- Coeficiente de poisson: ($\nu_1 - \nu_2$) (adimensional)
- Factor de influencia por forma del cimiento relación L/B: (I_s) (adimensional)
- Factor de influencia por profundidad del cimiento: (I_f) (adimensional)

4.2.7.1 Elaboración de interfaz del modulo

ASENTAMIENTOS INMEDIATOS EN SUELOS COHESIVOS

$$S_i = \frac{q \cdot B \cdot (1 - \nu^2) \cdot I_s \cdot I_f}{E}$$

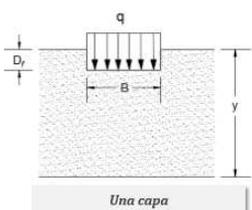
Siendo:

- q la Presión transmitida al suelo (Carga columna/Área zapata)
- B Ancho del cimiento, se toma $B/2$ para cálculo de asentamiento en el centro de la zapata y B para asentamientos en ña esquina de la zapata
- ν_1 Coeficiente de poisson
- E Modulo de elasticidad para el suelo bajo la zapata si son capas de valores similares se toma un E promedio ponderado, si son capas de diferentes valores de E se analiza como suelo cohesivo estratificado
- I_s Factor de influencia por forma del cimiento (relación L/B)
- I_f Factor de influencia por profundidad del cimiento (Tabla de Fox)

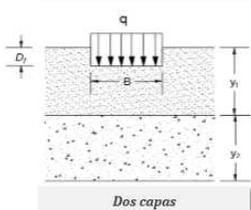
INTRODUCIR DATOS DE CIMENTACIÓN Y CARGA

Presión transmitida	q	0,15 kN/m ²	Base de cimiento	B	6,0 m
Profundidad de cimentación	D_f	0,0 m	Longitud de cimiento	L	12,0 m

SELECCIONAR NUMERO DE CAPAS



Una capa



Dos capas

Figura 19. Asentamientos inmediatos en suelos granulares. Autores del documento. (2021)

4.2.7.2 Programación de macros específicas para cada comando del modulo

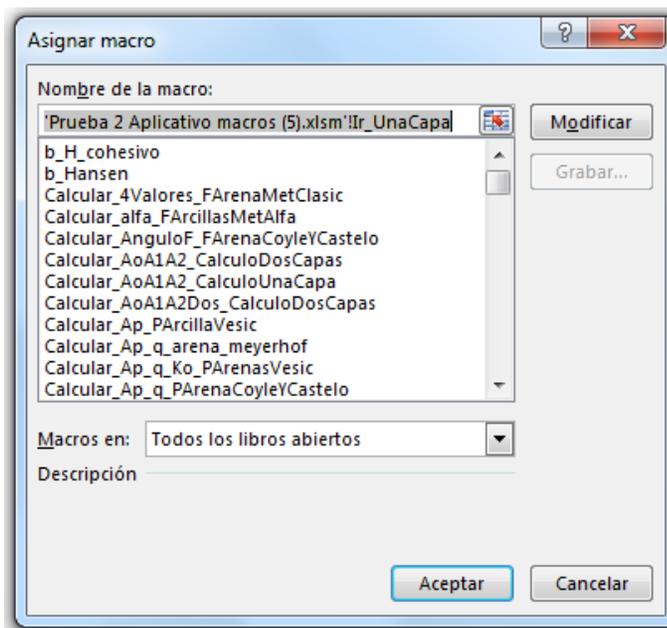


Figura 20. Macros de módulo de asentamientos suelos cohesivos. Autores del documento. (2021)

4.2.8 Diseño de módulo de asentamientos inmediatos suelos granulares

En el diseño de módulo de asentamiento inmediato en suelos granulares se constituyeron grupos de casillas pertinentes para el ingreso de datos como paso primordial en la posterior obtención de resultados a través de botones con macros implícitas que acceden a determinar, analizar y calcular criterios según datos integrados por el usuario, reconociendo la siguiente nomenclatura y unidades de ingreso:

- Peso específico del suelo: (γ_{sat}) (kN/m³)
- Módulo de elasticidad: (E_s) (kPa)
- Años de flujo plástico: (t) (Años)
- Profundidad: (z) (m)

- Profundidad de cimentación : (D_f) (m)
- Presión transmitida: (q) (kN/m²)
- Base del cimiento: (B) (m)
- Longitud del cimiento: (L) (m)

4.2.8.1 Elaboración de interfaz del modulo

ASENTAMIENTOS INMEDIATOS EN SUELOS GRANULARES

$$S_i = C1 + C2 + \Delta q + \sum \left[\left(\frac{I_z}{E_s} \right) \Delta z \right] \quad \Delta q = \frac{P}{A} - \sigma'_{v0}$$

Siendo:

- I_z factor de influencia de la deformación unitaria
- σ'_{v0} Esfuerzo vertical efectivo hasta la profundidad de la cimentación
- $C1$ factor de corrección para la profundidad de empotramiento de la cimentación
- $C2$ factor de corrección para tener en cuenta la fluencia en el suelo

INTRODUCIR DATOS DE TERRENO Y CARGA

Peso específico del suelo	γ_{sat}	18,00 kN/m ³
Modulo de elasticidad	E_s	6000 kg/cm ²
Años de flujo plástico	t	10 años
Profundidad z	z	2,00 m
Profundidad de cimentación	D_f	1,5 m
Presión transmitida	q	195,00 kN/m ²

SELECCIONAR TIPO DE CIMIENTO

Cimiento Cuadrado

Cimiento Rectangular

Cimiento Continuo

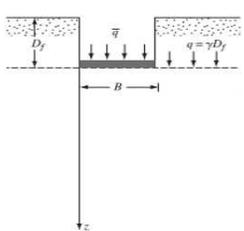


Figura 21. Asentamientos en suelos granulares. Autores del documento. (2021)

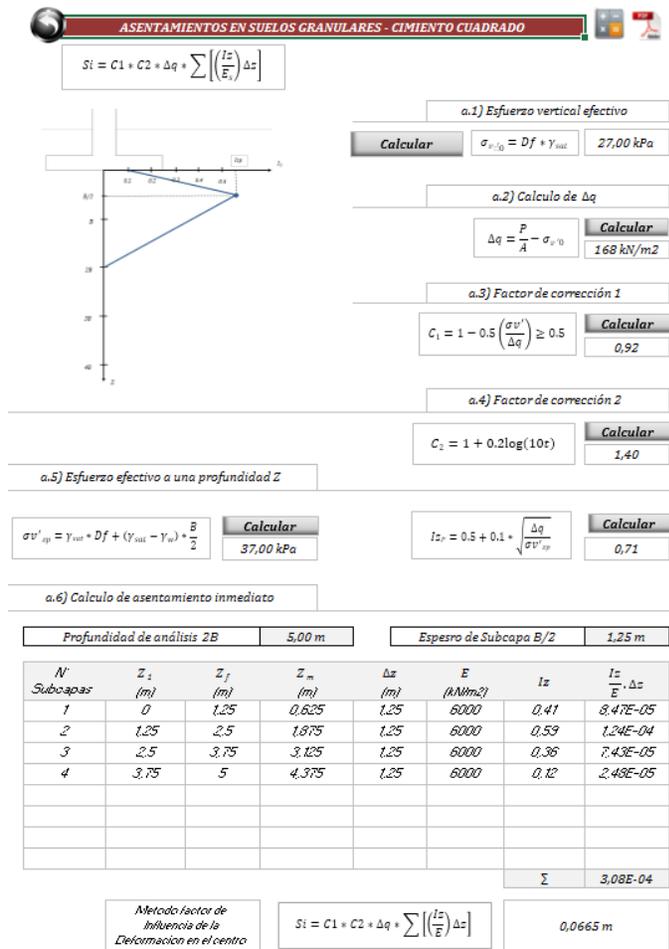


Figura 22. Asentamientos en suelos granulares cimiento cuadrado. Autores del documento. (2021)

4.2.8.2 Programación de macros específicas para cada comando del modulo

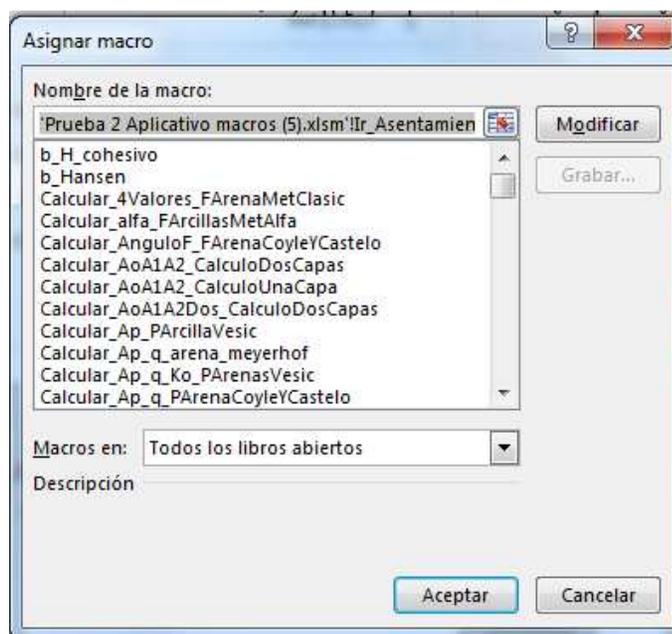


Figura 23. Macros de módulo de asentamientos suelos granulares. Autores del documento. (2021)

4.2.9 Diseño de módulo de asentamiento consolidación

El diseño de módulo de asentamiento por consolidación se constituyó una serie de casillas adecuadas para el ingreso de datos a modo preliminar para la obtención de resultados con ayuda de botones con macros implícitas que permiten determinar, analizar y calcular los criterios requeridos conforme a datos ingresados por el usuario, reconociendo la siguiente nomenclatura y unidades de ingreso:

- Parámetro de presión intersticial: (A) (adimensional)
- Profundidad de cimentación: (D_f) (m)

- Coeficiente de compresibilidad: (m_v) (m_2/kN)
- Espesor de la capa de suelo: (z) (m)
- Módulo de elasticidad: (E) (kPa)
- Carga transmitida al cimiento: (p) (kN)
- Coeficiente de asentamiento: (μ)

4.2.9.1 Elaboración de interfaz del modulo


ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN- AREA CARGADA DE TAMAÑO FINITO


CIMIENTO RECTANGULAR
 $\Delta S_{com} = \mu m_v \cdot D \cdot \Delta \sigma_v$

Siendo:

- μ coeficiente de asentamiento que depende principalmente de las características de la presión intersticial del suelo
- m_v coeficiente que representa la compresibilidad promedio de la capa de suelo
- ΔD Espesor de subcapa. $\Delta D=B/2$ Para cimientos cuadrado o circulares y $\Delta D=B$ para cimientos continuos
- $\Delta \sigma_v$ Esfuerzo vertical total

INTRODUCIR DATOS - PROPIEDADES DEL SUELO Y CARGA

Parametro de presión intersticial	A	0,4	Carga transmitida al cimiento	p	520,00 kN
Coeficiente de compresibilidad	m_v	0,00012 m ² /kN	Profundidad de cimentación	D_f	1,5 m
Espesor de la capa de suelo	z	14,00 m			
Modulo de elasticidad	E	10500 kg/cm ²			

SELECCIONAR TIPO DE CIMIENTO

Cimiento Cuadrado

Cimiento Rectangular

Cimiento Circular

Figura 24. Asentamiento por consolidación área finita. Autores del documento. (2021)

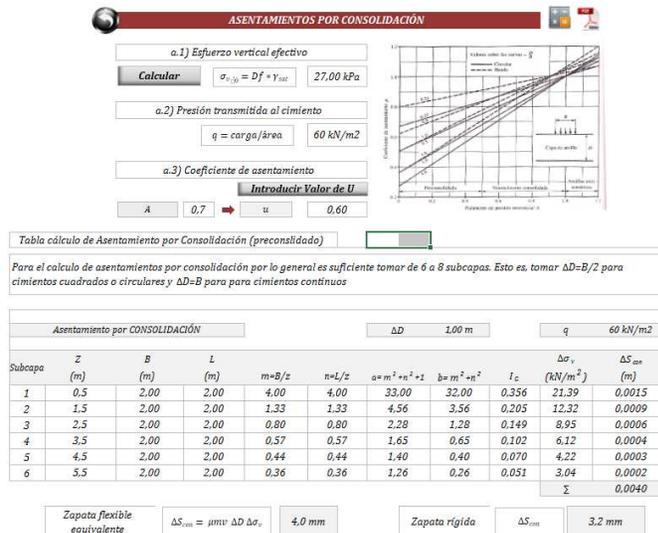


Figura 25. Asentamiento por consolidación. Autores del documento. (2021)

4.2.9.2 Programación de macros específicas para cada comando del modulo

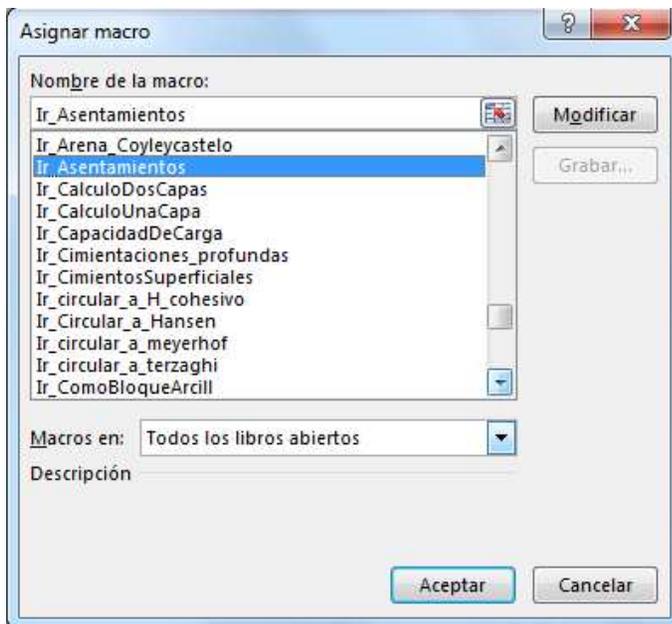


Figura 26. Macros de módulo de asentamientos por consolidación. Autores del documento. (2021)

4.3 Diseñar el modulo del aplicativo para determinar capacidad de carga en pilotes y grupos de pilotes.

El diseño de módulo correspondiente a cimientos profundos se divide en dos sub-módulos (Pilotes individuales - Grupo de pilotes) soportados bajo una pequeña base de datos interna compuesta por postulados, gráficos y cuadros demandados por los temas de análisis accedidos en la misma interfaz para lograr individualizar los casos que se presentan en cada tema con sus respectivas teorías.

4.3.1 **Alcances:** Se establece un modulador encargado de determinar y analizar pilotes individuales en los casos de capacidad de carga en punta teniendo como opciones de análisis los métodos de Meyerhof (Usado en arenas y arcillas), Vesic (Usado en arenas y arcillas), Coyle & Castelo (Usado en arenas), método de NAVFAC y en casos de capacidad de carga por fricción accediendo a cálculos a través del método clásico de la mecánica de suelos (Usado en arenas), método de Coyle & Castelo (Usado en arenas), métodos λ (Usado en arcillas), método α (Usado en arcillas), método β (Usado en arcillas), método de NAVFAC. Además de otro modulador el cual permite acceder a un análisis previo de capacidad de carga en grupo de pilotes efectuando a consideración del usuario ecuaciones tradicionales como pilotes individuales (usado en arcillas), y pila equivalente (usado en arcillas).

4.3.2 **Limitaciones:** El aplicativo solo obedece a unidades designadas del sistema internacional para los análisis adecuados. El modulo está diseñado solo para cimientos profundos correspondientes a pilotes y grupo de pilotes en los análisis de capacidad de carga (no se

incorporan análisis de asentamientos), no se abarcan teorías ni métodos para otros tipo de cimientos profundos como caisson.

4.3.3 Figuras propias para elaboración de base de datos interna correspondientes a módulos de capacidad de carga en pilotes y grupos de pilotes, conformada por tablas y gráficas propias a diversas teorías requeridas para los análisis internos.

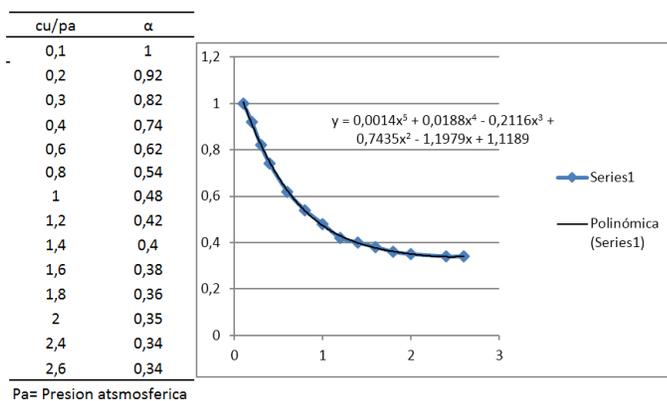


Figura 27. Base de datos variación de parámetros 1. Autores del documento. (2021)

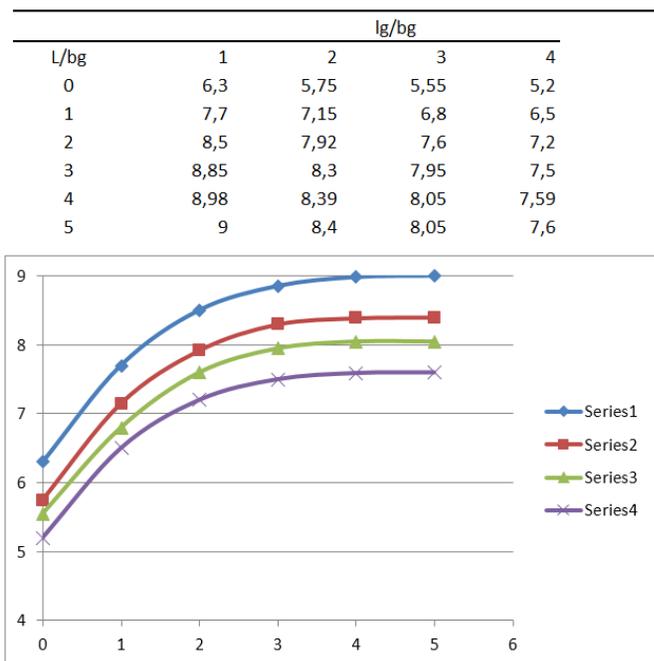


Figura 28. Base de datos variación de parámetros 2. Autores del documento. (2021)

Variación de λ con L			
L (m)	λ	L (m)	λ
0	0,5		
5	0,336		
10	0,245		
15	0,2		
20	0,173		
25	0,15		
30	0,136		
35	0,132		
40	0,127		
50	0,118		
60	0,113		
70	0,11		
80	0,11		
90	0,11		

Figura 29. Base de datos variación de parámetros 3. Autores del documento. (2021)

L/D	fi						
	30	31	32	33	34	35	36
0	1,4	1,55	1,8	2,105	2,7	3,4	4,3
5	1,1	1,3	1,5	1,79	2,2	2,805	3,6
10	0,91	1,05	1,205	1,48	1,8	2,3	3
15	0,72	0,87	1	1,2	1,5	1,9	2,4
20	0,59	0,69	0,8	1	1,2	1,55	2
25	0,5	0,57	0,67	0,79	1	1,3	1,6
30	0,4	0,47	0,53	0,63	0,8	1,05	1,305
35	0,31	0,38	0,44	0,51	0,64	0,84	1,1
36	0,305	0,36	0,42	0,505	0,61	0,8	1,06

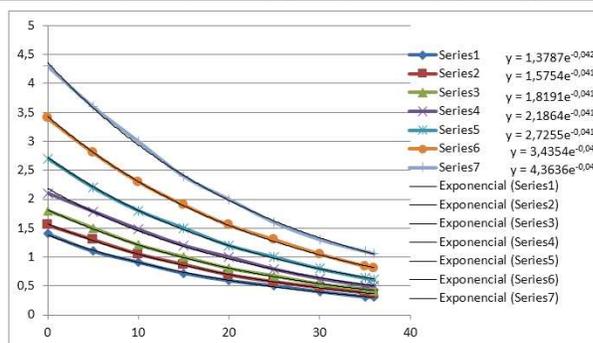


Figura 30. Base de datos variación de parámetros 4. Autores del documento. (2021)

$\frac{I_{pr}}{\bar{\sigma}^2}$	10	20	40	60	80	100	200	300	400	500
25	12.12	15.95	20.98	24.64	27.61	30.16	39.7	46.61	52.24	57.06
26	13.18	17.47	23.15	27.3	30.69	33.6	44.53	52.51	59.02	64.62
27	14.33	19.12	25.52	30.21	34.06	37.37	49.88	59.05	66.56	73.04
28	15.57	20.91	28.1	33.4	37.75	41.51	55.77	66.29	74.93	82.4
29	16.9	22.85	30.9	36.87	41.79	46.05	62.27	74.3	84.21	92.8
30	18.24	24.95	33.95	40.66	46.21	51.02	69.43	83.14	94.48	104.33
31	19.88	27.22	37.27	44.79	51.03	56.46	77.31	92.9	105.84	117.11
32	21.55	29.68	40.88	49.3	56.3	62.41	85.96	103.66	118.39	131.24
33	23.34	32.34	44.8	54.2	62.05	68.92	95.46	115.51	132.24	146.87
34	25.28	35.21	49.05	59.54	68.33	76.02	105.9	128.55	147.51	164.12
35	27.36	38.32	53.67	65.36	75.17	83.78	117.33	142.89	164.33	183.16
36	29.6	41.68	58.68	71.69	82.62	92.24	129.87	158.65	182.85	204.14
37	32.02	45.31	64.13	78.57	90.75	101.48	143.61	175.95	203.23	227.26
38	34.63	49.24	70.03	86.05	99.6	111.56	158.65	194.94	225.62	252.71
39	37.44	53.5	76.45	94.2	109.24	122.54	175.11	215.78	250.23	280.71
40	40.47	58.1	83.4	103.05	119.74	134.52	193.13	238.62	277.26	311.5
41	43.74	63.07	90.96	112.68	131.18	147.59	212.84	263.67	306.94	345.34
42	47.27	68.46	99.16	123.16	143.64	161.83	234.4	291.13	339.52	382.53
43	51.08	74.3	108.08	134.56	157.21	177.36	257.99	321.22	375.28	423.39
44	55.2	80.62	117.76	146.97	172	194.31	283.8	354.2	414.51	468.28
45	59.66	87.48	128.28	160.48	188.12	212.79	312.03	390.35	457.57	517.58

Figura 31. Base de datos variación de parámetros. Autores del documento. (2021)

4.3.4 Diseño de módulo de pilote individuales

En el diseño de módulo de pilotes individuales se constituyó una serie de casillas adecuadas para el ingreso de datos a modo preliminar a la selección de métodos o teorías para la obtención de resultados con ayuda de botones en los cuales se introdujo comandos de programación que permiten determinar, analizar y calcular los criterios requeridos conforme a datos ingresados por el usuario, reconociendo la siguiente nomenclatura y unidades de ingreso:

- Peso específico de suelos: (γ_m) (KN/m³).
- Angulo de fricción: (φ) (°).
- Cohesión: (C') (KPa).
- Profundidad del nivel freático: (z) (m).
- Base del cimiento: (\emptyset) (m).
- Longitud del cimiento: (L) (m).
- Módulo de elasticidad: (E_s) (KN/m²).
- Relación de poisson: (μ_s) (adimensional).

4.3.4.1 Cálculo de capacidad de carga en punta y fricción

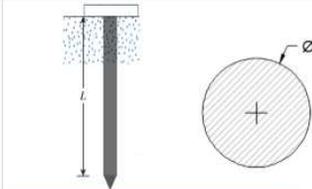
4.3.4.1.1 Elaboración de interfaz del modulo

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA EN PILOTES

INTRODUCIR DATOS DEL TERRENO

Peso específico del suelo	γ_m	<input type="text" value="20,00 kN/m3"/>	Profundidad del nivel freático	z	<input type="text" value="2 m"/>
Angulo de fricción	φ	<input type="text" value="32,00°"/>			
Cohesión	C	<input type="text" value="60,00 kN/m3"/>			

INTRODUCIR DATOS DEL CIMIENTO



Base de cimiento	\varnothing	<input type="text" value="0,30 m"/>
Longitud de cimiento	L	<input type="text" value="12 m"/>

SELECCIONAR METODO

CAPACIDAD DE CARGA EN PUNTA

Metodo de Meyerhof - Arenas

Metodo de Vesic - Arenas

Metodo de Coyle y Castelo - Arenas

Metodo de Meyerhof - Arcillas

Metodo de Vesic - Arcillas Saturadas

CAPACIDAD DE CARGA POR FRICCIÓN

Metodo clásico de la Mecanica de Suelos - Arenas

Metodo de Coyle y Castelo - Arenas

Metodo λ - Arcillas

Metodo α - Arcillas

Metodo β - Arcillas

Figura 32. Capacidad de carga en pilotes. Autores del documento. (2021)

4.3.4.1.2 Programación de macros específicas para cada comando del modulo

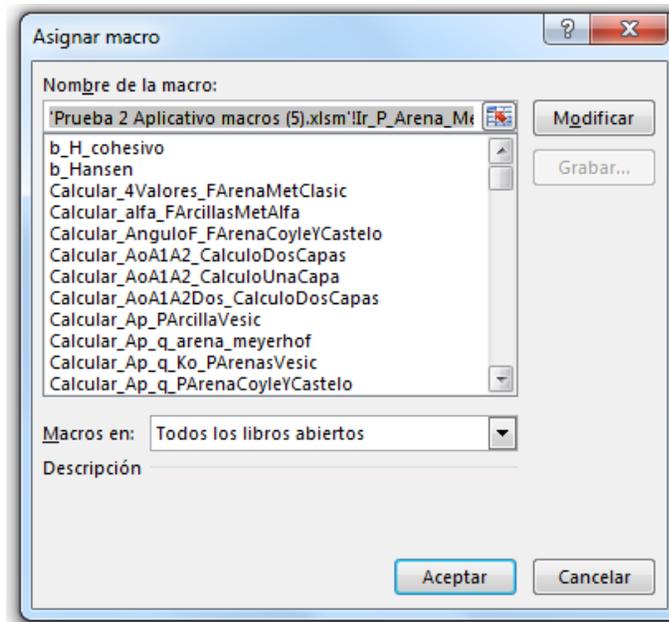


Figura 33. Macros de módulo de capacidad de carga en pilotes. Autores del documento. (2021)

4.3.5 Diseño de módulo de grupo de pilote

En el diseño de grupo de pilotes se constituyó una serie de casillas adecuadas para el ingreso de datos a modo preliminar a la selección de métodos o teorías para la obtención de resultados con ayuda de botones en los cuales se introdujo comandos de programación que permiten determinar, analizar y calcular los criterios requeridos conforme a datos ingresados por el usuario, reconociendo la siguiente nomenclatura y unidades de ingreso:

- Peso específico de suelos: (γ_m) (KN/m³).
- Angulo de fricción: (φ) (°).
- Cohesión: (C') (KPa).

- Profundidad del nivel freático: (z) (m).
- Base del cimiento: (\emptyset) (m).
- Longitud del cimiento: (L) (m).
- Separación centro a centro: (d) (m)
- Numero de pilotes: (n) (adimensional).
- Numero de pilotes en la dirección Lgr: ($n1$) (adimensional)
- Numero de pilotes en la dirección Bgr: ($n2$) (adimensional)

4.3.5.1 Elaboración de la interfaz del modulo

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA GRUPO DE PILOTES

Para el analisis de capacidad de carga en grupos de pilotes se debe tener en cuenta que los bulbos de esfuerzo que transmite cada pilote al suelo se traslapa, razón por la cual se produce una reducción en la capacidad de carga de los pilotes. Para que dicha reducción sea lo menor posible se recomienda que $d=2.5D$ o en general que esté entre $3D$ a $3.5D$, siendo D la dimensión del pilote (lado menor o diámetro)

La reducción en la capacidad de carga se determina mediante la Eficiencia del grupo de Pilotes

$$n = \frac{Q_{\text{grupo}}}{\sum Q_{\text{pilote}}(\text{individual})}$$

INTRODUCIR DATOS DEL TERRENO

Peso específico del suelo	<input type="text" value="20,00 kN/m3"/>	<input type="text" value="z"/>	<input type="text" value="2 m"/>
Angulo de fricción	<input type="text" value="32,00°"/>	Profundidad del nivel freático	
Cohesión	<input type="text" value="25,00 kN/m3"/>		

INTRODUCIR DATOS DE PILOTE

Base de cimiento	<input type="text" value="0,50 m"/>
Longitud de cimiento	<input type="text" value="24 m"/>
Separación centro a centro	<input type="text" value="1 m"/>

Figura 34. Cálculo de capacidad de carga grupo de pilotes. Autores del documento. (2021)

4.3.5.2 Programación de macros específicas para cada comando del modulo

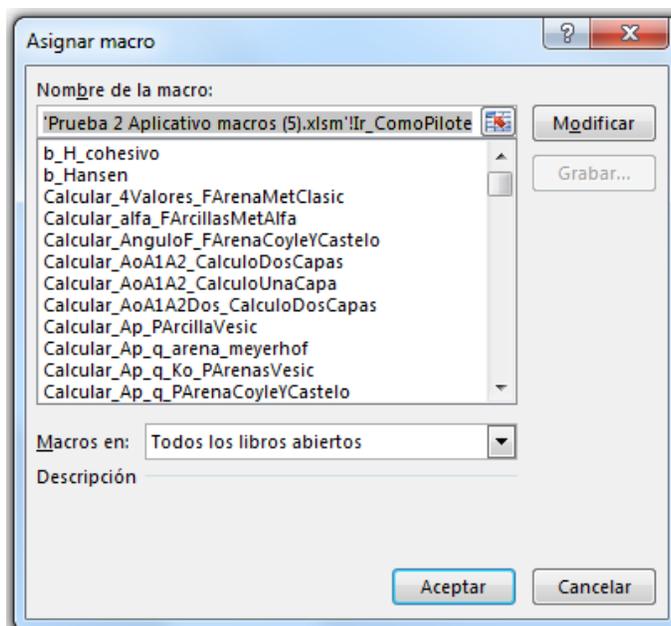


Figura 35. Macros de módulo de grupo de pilotes. Autores del documento. (2021)

4.4 Desarrollar una guía de usuario para el uso del aplicativo

4.4.1 Alcances: La elaboración de la guía metodológica para el uso del aplicativo en Excel como herramienta de apoyo se conforma por capítulos correspondientes por la elaboración de un paso a paso apoyado de texto e imágenes ilustrativas en las que se muestran la secuencia en el recorrido por las diferentes interfaces del aplicativo. El manual es realizado en Word y con imágenes editadas bajo la aplicación Lightshot. El correspondiente manual se puede evidenciar en el “**Apéndice (D)**”.

5. Conclusiones

A partir de la realización del diagnóstico se evidencio en los resultados, que 81% de los estudiantes encuetados del programa de ingeniería civil considera pertinente la creación de un aplicativo en Excel para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje de la asignatura geotecnia II.

La implementación de las nuevas tecnologías por medio de la herramienta de software presentada, le permite al estudiante comparar los resultados obtenidos mediante cálculos manuales frente a cálculos sistematizados de una manera eficaz y ligera, favoreciendo la inmersión del futuro ingeniero civil en el uso de aplicativos informáticos muy necesarios en el ejercicio de su profesión. Además, se conseguirá maximizar las horas de catedra para garantizar llegar a la enseñanza en todos los temas estipulados por el microcurrículo de la asignatura geotecnia II de ingeniería civil, permitiéndole al docente optimizar recursos académicos y minimizar tiempos en la ejecución de fórmulas, contribuyendo de esta manera a la formación de profesionales íntegros que logren alcanzar los resultados de aprendizaje de una manera completa.

Se desarrolló un total de seis módulos de trabajo integrados bajo una misma interfaz soportados por una base de datos interna que permite la interacción cómoda y sencilla a las condicionales introducida por el usuario acerca de cimientos superficiales. Los cuales se encuentran desglosados en tres moduladores encargados de determinar capacidades de carga en suelos no estratificados, junto a otros tres dispuestos para cálculos de asentamientos (inmediatos

en suelos cohesivos, inmediato en suelos granulares y por consolidación en áreas bajo condiciones de carga finita e infinita).

Incorporado en la interfaz del aplicativo se realizó la programación del módulo encargado de análisis de pilotes, soportado por una base de datos interna correspondiente a pilotes individuales y grupo de pilotes, en el que se pueden emplear por medio de ejemplos predispuestos por los usuarios cálculos de capacidad de carga en los temas de pilotes individuales (por fricción y punta) y grupo de pilotes (como pilotes individuales y pila equivalente). Logrando realizar una contribución con fines académicos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los temas de capacidad de carga en cimientos profundos incluidos en el curso geotecnia II.

La elaboración de la guía de usuario se emplea como un recurso indispensable para contribuir al buen uso del aplicativo, impartiendo instrucciones pertinentes a la hora de ingresar valores requeridos para cada uno de los procesos asignados en éste, y así proyectar cálculos de análisis en temas como capacidades de carga y asentamientos en cimientos superficiales o capacidades de carga en pilotes con la utilización del software de manera análoga.

6. Recomendaciones

Para una correcta obtención de resultados en el funcionamiento de procesos de análisis y cálculos de los módulos es fundamental el ingreso correcto de todos los parámetros requeridos previamente, así como realizar un correcto uso y selección de listas desplegables incluidas y encontradas en ciertas hojas de cálculo (verificar siempre que no queden casillas vacías para que los análisis sean arrojados idóneamente).

Al interior de los módulos se presentan una serie de iteraciones debido a las bases de datos establecidas por los programadores, los cuales arrojan valores con mayor cantidad de decimales que los que se podrían obtener con procesos manuales por lo que los resultados calculados bajo el aplicativo podrían variar un poco. Procedente de los decimales tomados por Microsoft Excel.

Todos los módulos desarrollados en el aplicativo poseen casillas para el ingreso correcto de datos así como botones establecidos para los diferentes procesos de interés requeridos, módulos funcionales con una interfaz compatible en el programa Microsoft Excel, por lo que una vez introducido los valores y ejecutado los comandos, no podrá dar uso al comando conocido como “Ctrl+z” (usado en Microsoft Excel para corregir errores de digitación), de ser este el objetivo del usuario, se recomienda ingresar nuevamente los valores y dar paso a un nuevo cálculo mediante los botones establecidos.

No intentar eliminar o modificar hojas de trabajo existentes bajo el aplicativo de Excel, puesto que podría alterar comandos, macros o dañar aspectos visuales de la herramienta que dificultarían su buen uso (si se deseara modificar el aplicativo para carácter de desarrollo o

complementación posterior del mismo el cifrado de protección de las hojas corresponde a la contraseña “AplicativoGeo”).

Queda abierta la posibilidad de complementar este aplicativo con la inclusión de suelos estratificados en todos sus módulos y para incorporar temas no abarcados por los autores de esta investigación, como también realizar modificaciones pertinentes por futuras actualizaciones dadas en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

Se recomienda para quien desee hacer uso del aplicativo en mención, revisar la guía de usuario como primer paso así dar garantía en el buen manejo del aplicativo para lograr obtener resultados adecuados.

Referencias

- Alva, J. (1996). *TERZAGHI Y LA MECÁNICA DE LOS SUELOS*. Obtenido de http://jorgealvahurtado.com/public_html/files/labgeo31_a.pdf
- Bowles, J. (1997). *FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN quinta edición*. New York: McGraw-Hill.
- Braja Das, M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica cuarta edición*. Mexico D.F.: Cengage Learning Editores, S.A.
- Congreso de la República de Colombia . (19 de Marzo de 2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) [Ley 400]*. Obtenido de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/titulo-a-nsr-100.pdf>
- Congreso de la Republica de Colombia. (27 de Junio de 2000). *Licencia de Software [Ley 603]*. Obtenido de <http://secretariasenado.gov.co/index.php/leyes-de-la-republica>
- Desconocido. (s.f). *MISMOS, PRONTUARIO CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS TERRENOS Y CIMENTACIONES ADECUADAS A LOS*. Obtenido de https://www.mapfrere.com/reaseguro/es/images/Prontuario-Suelos-Cimentaciones_tcm636-81027.pdf
- Duque, G. (2003). *Manual de geología para ingenieros*. Obtenido de https://www.usuarios.cl/usuario/c19094b1ea89f1f08e243796b671e2e5/mi_blog/r/Manual_de_Geologia_Gonzalo_Duque.compressed.pdf

Duran, M. (Julio de 2015). *Capacidad de carga del suelo, consolidación y esfuerzo cortante* .

Recuperado el 25 de Agosto de 2020, de Slideshare:

<https://es.slideshare.net/mariaedurans/temas-5-y-6-capacidad-de-carga-del-suelo-consolidacin-y-esfuerzo-cortante>

Gens, A. (s.f). *GEOTECNIA: UNA CIENCIA PARA EL COMPORTAMIENTO DEL TERRENO*.

Obtenido de <https://raed.academy/wp-content/uploads/2015/06/Discurs-ingres-A-Gens.pdf>

Guillán, G. (2015). *Contribución al conocimiento de los primeros geotécnicos del siglo XX*.

Obtenido de http://oa.upm.es/38619/1/Gonzalo_Guillan_Llorente.pdf

Jerez, H. (2013). *Analizando el libro de Manuel Castells "La era de la información volumen 1:*

La sociedad red". Obtenido de <https://politologoenred.blogspot.com/2013/09/analizando-el-libro-de-manuel-castells.html>

Lemus, P. (2017). *Diseño Geotécnico Automatizado de Cimentaciones Superficiales por estados*

límites. Empleando métodos no lineales. Obtenido de

<https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/8674>

Martinez, M., & Gritti, A. (2012). El uso de las TIC en la educación de la carrera de Ingeniería

Civil. Obtenido de

http://eprints.rclis.org/31646/1/El_uso_de_las_TIC_en_la_educacion_de_la.pdf

Ministerio de Transporte . (2012). *Manual de Diseño de Cimentaciones Superficiales y*

Profundas para Carreteras . Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo->

y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/1020-manual-de-diseno-de-comentaciones-superficiales-y-profundas-para-carreteras/file

Ministerio de Transporte . (2013). *Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCPI4*. Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos>

Orozco, J., & Ramírez, M. (2020). *Apuntes de clase enfocados a la ingeniería de cimentaciones*.

Obtenido de

https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1561&context=ing_civil

Quesada, L. (2017). *Determinación de la capacidad de carga en cimentaciones superficiales sobre bases estratificadas en suelos friccionales*. Obtenido de

<https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/8693>

Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda. (2019). *Seguridad estructural cimientos*. Obtenido de

<https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-C.pdf>

Vesic, A. (1977). *DESIGN OF PILE FOUNDATIONS*. Washington D.C.: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD.

Apéndices

Apéndice A. Memoria de cálculos para comprobar solución de ejercicio haciendo uso del aplicativo.

Una cimentación cuadrada tiene 2 m x 2 m en planta. El suelo que soporta la cimentación tienen un ángulo de fricción de $\varphi = 25^\circ$ y $c = 12 \text{ kN/m}^2$. El peso específico del suelo, γ , es de $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$. Determine la capacidad de carga permisible sobre la cimentación con un factor de seguridad (**F.S**) de 3. Suponga que la profundidad de la cimentación (D_f) es de 2 m. Resolver el problema utilizando la ecuación de Meyerhof.

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA

INTRODUCIR DATOS DEL TERRENO

Peso específico del suelo	γ_m	19,00 kN/m ³	Inclinación del terreno	α	0°
Ángulo de fricción interna	φ	25°	Profundidad del nivel freático	z	30 m
Cohesión	c	12,00 kPa			

INTRODUCIR DATOS DE CARGA

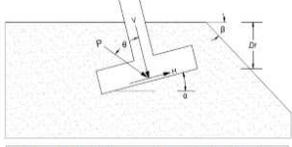


Figura 1. Variables presentes en la cimentación

Carga última en kN	P	400 kN
Inclinación de la carga	θ	0°
Factor de seguridad	F.S	3,0

SELECCIONAR TIPO DE CIMIENTO

Cimiento Cuadrado

Cimiento Rectangular

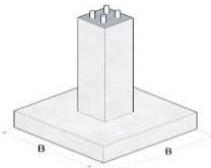
Cimiento Continuo

Cimiento Circular

Figura 36. Ejemplo capacidad de carga cimiento superficial 1. Autores del documento. (2021)

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA

INTRODUCIR DATOS DEL CIMIENTO - CIMIENTO CUADRADO



Profundidad de cimentación D_f 4 m

Base de cimiento B 2 m

Inclinación de base del cimiento α 0°

Figura 2. Cimiento Cuadrado

SELECCIONAR TEORIA

Teoría de Terzaghi

Teoría de Meyerhof

Teoría de Hansen

Teoría de Hansen - Suelos cohesivos

Figura 37. Ejemplo capacidad de carga cimiento superficial 2. Autores del documento. (2021)

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA

Tipo de cimiento **ECUACIÓN DE MEYERHOF**

$$q_{ult} = cN_c S_c d_c i_c + qN_q S_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

a.1) Factores de capacidad de carga

Calcular $N_c = (N_q - 1) \cot \theta$ 20,72 $N_q = \sigma \pi \tan \theta \tan^2 \left(45 + \frac{\theta}{2} \right)$ 10,66

$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\theta)$ 6,77

a.2) Factores de forma

Calcular $K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\theta}{2} \right)$ 2,46

$S_c = 1 + 0.2 K_p \frac{B}{L}$ 1,49 $S_q = S_\gamma = 1 + 0.1 K_p \frac{B}{L}$ 1,25

a.3) Factores de profundidad

Calcular $d_c = 1 + 0.2 \sqrt{K_p} \frac{D_f}{B}$ para cualquier θ 1,31

$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{K_p} \frac{D_f}{B}$ para $\theta > 10^\circ$ 1,16

Figura 38. Ejemplo capacidad de carga cimiento superficial 3. Autores del documento. (2021)

a.4) Factores de inclinación de carga

Calcular $i_c = i_q = \left(1 - \frac{\theta}{90^\circ}\right)^2$ para cualquier θ 1,00

$i_y = \left(1 - \frac{\theta}{\theta}\right)^2$ para $\theta > 10^\circ$ 1,00

a.5) Esfuerzo

Calcular $q = \sigma' = \gamma m Df$ 38,00 kPa

a.6) Carga última y admisible

Calcular

$q_{ult} = cN_c S_c d_c i_c + qN_q S_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma$ 1257,32 kPa

$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{F.S}$ 419,11 kPa

a.7) Verificar estado límite de falla

Verificar $q'_a \leq q_{adm}$ 100,00 kPa \leq 419,11 kPa **Cumple**

Figura 39. Ejemplo capacidad de carga cimiento superficial 4. Autores del documento. (2021)

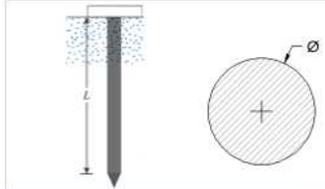
Para un pilote hincado de concreto de sección circular de 0,3m de diámetro y 12m de longitud y, para la condición de terreno dada determinar Q_p si el pilote se hinca en un estrato de arena en el cual el nivel freático esta a 2 m de profundidad. El suelo sobre el nivel freatico está saturado por capilaridad. El peso específico saturado de la arena es de 20 kN/m^3 y tiene un $\phi=32^\circ$. Determinar la capacidad de carga en punta por el metodo de Vesic con $m=300$. Determinar la capacidad de carga en punta Q_p por el metodo de Coyle y Castello.

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA EN PILOTES

INTRODUCIR DATOS DEL TERRENO

Peso específico del suelo	γ	20,00 kN/m ³	Profundidad del nivel freático	D_w	2 m
Angulo de fricción	ϕ	32,00°			
Cohesión	c	10,00 kN/m ³			

INTRODUCIR DATOS DEL CIMIENTO



Base de cimiento	ϕ	0,30 m
Longitud de cimiento	L	12 m

SELECCIONAR METODO

CAPACIDAD DE CARGA EN PUNTA

Metodo de Meyerhof - Arenas

Metodo de Vesic - Arenas

Metodo de Coyle y Castello - Arenas

Metodo de Meyerhof - Arcillas

Método de Vesic - Arcillas Saturadas

Método de NAVFAC

CAPACIDAD DE CARGA POR FRICCIÓN

Método clásico de la Mecanica de Suelos - Arenas

Metodo de Coyle y Castello - Arenas

Método de NAVFAC

Metodo λ - Arcillas

Metodo α - Arcillas

Metodo β - Arcillas

Figura 40. Ejemplo capacidad de carga en punta de pilotes 1. Autores del documento. (2021)

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA EN PUNTA

METODO DE VESIC - ARENAS

$Q_p = A_p q_p = A_p (c' N_c^* + \bar{\sigma}_0 N_q^*)$

N_c^* y N_q^* son factores de capacidad de carga adimensionales, relacionados entre sí por la ecuación: $N_c^* = (N_q^* - 1) \cot \phi$

Donde $\bar{\sigma}_0$ = esfuerzo efectivo normal del terreno al nivel de la punta del pilote

Calcular

$A_p = \frac{\pi \phi^2}{4}$

q'

Coefficiente de presión de tierra en reposo $K_0 = 1 - \sin \phi$

$\bar{\sigma}_0 = \frac{1 + 2K_0}{3} q'$

Para obtener N_q^* el cual está en función del ángulo de resistencia al corte (ϕ) y el índice rigidez reducido del suelo (I_{rr}) primero se debe calcular la relación de poisson, modulo de elasticidad del suelo y la deformación volumétrica unitaria promedio en la zona plástica debajo de la planta del pilote Δ

■ **Calculo de modulo de elasticidad E_s**

Donde P_a es la presión atmosférica ($\approx 100 \text{ kN/m}^2$)

m

Lista despegable
Tipo de suelo

Calcular E_s
 $E_s = m P_a$

■ **Calculo de la relación de Poisson del suelo μ_s**

$\mu_s = 0.1 + 0.3 \left(\frac{\phi' - 25}{20} \right)$ (Para $25^\circ \leq \phi \leq 45^\circ$)

■ **Calculo de la deformación volumétrica Δ**

$\Delta = 0.005 \left(1 - \frac{\phi' - 25}{20} \right) \frac{q'}{P_a}$

Figura 41. Ejemplo capacidad de carga en punta de pilotes 1. Autores del documento. (2021)

a.1) **Calculo de indice de rigidez**

$I_r = \frac{E_s}{2(1 + \mu_s)(c' + q' \tan \phi)} = \frac{G_s}{c' + q' \tan \phi}$

a.2) **Calculo de indice de rigidez reducida para el suelo**

en el cual el indice de rigidez reducida para el suelo (I_{rr}) se expresa en función del indice de rigidez (I_r) y la deformación volumétrica unitaria promedio en la zona plástica debajo de la punta del pilote (Δ)

$I_{rr} = \frac{I_r}{1 + I_r \Delta}$

a.2) **Calculo de N_q^***

Para obtener N_q^* el cual está en función del ángulo de resistencia al corte (ϕ) y el índice rigidez reducido del suelo (I_{rr}) se usan los valores la tabla diseñada por Vesic en 1977

$N_q^* = f(I_{rr})$

a.2) **Calculo de Q_p**

$Q_p = A_p q_p = A_p (c' N_c^* + \bar{\sigma}_0 N_q^*)$

Figura 42. Ejemplo capacidad de carga en punta de pilotes 1. Autores del documento. (2021)

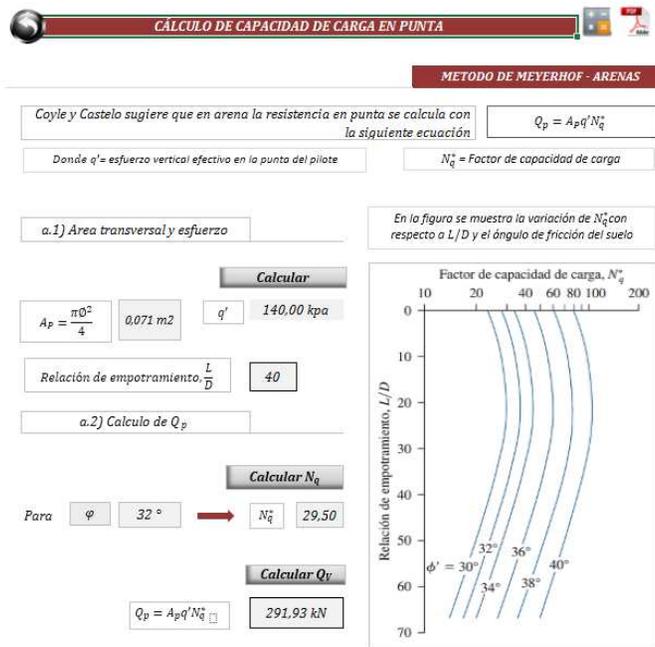


Figura 43. Ejemplo capacidad de carga en punta de pilotes 1. Autores del documento. (2021)

Apéndice B. Modelo de encuestas aplicada

11/1/2021

ENCUESTA GEOTECNIA 2.

ENCUESTA GEOTECNIA 2.

ENCUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN APLICATIVO EN EXCEL COMO HERRAMIENTA DE APOYO PARA EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA GEOTECNIA 2.

Se ha registrado la dirección de correo electrónico del encuestado (ufpso.edu.co) al enviar este formulario.

¿Qué ocupación desempeña actualmente?

- Estudiante
- Docente

¿Ha implementado el uso de aplicativos en Excel para apoyar su proceso de enseñanza /aprendizaje de la asignatura geotecnia 2?

- Sí
- No

¿Qué conocimiento tiene acerca del software Microsoft Excel?

- Ninguno
- Lo conoce, pero no hace uso del mismo
- Sabe usarlo de forma muy general
- Lo conoce y sabe utilizarlo a la perfección

<https://docs.google.com/forms/d/1VLPED0aMMRjyGin-zo8vJIB8APpcrxVgPFHUpk4/edit#responses>

1/54

Figura 44. Página uno de modelo de encuesta aplicada. Autores del documento. (2021)

11/1/2021 ENCUESTA GEOTECNIA 2.

¿Considera pertinente la creación de un aplicativo con macros en Excel como herramienta de apoyo para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura geotecnia 2?

Sí

No

¿En el momento de que se llegue a desarrollar el aplicativo en Excel estaría dispuesto hacer uso de él?

Sí

No

Este formulario se creó en Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

Google Formularios

<https://docs.google.com/forms/d/1VLPED0aMMRjvGtn-zo8vJiBIBAPpcxVgFFHUplk4/edit#responses> 2/54

Figura 45. Página dos de modelo de encuesta aplicada. Autores del documento. (2021)

Apendice C. Diagrama de flujo de la programación

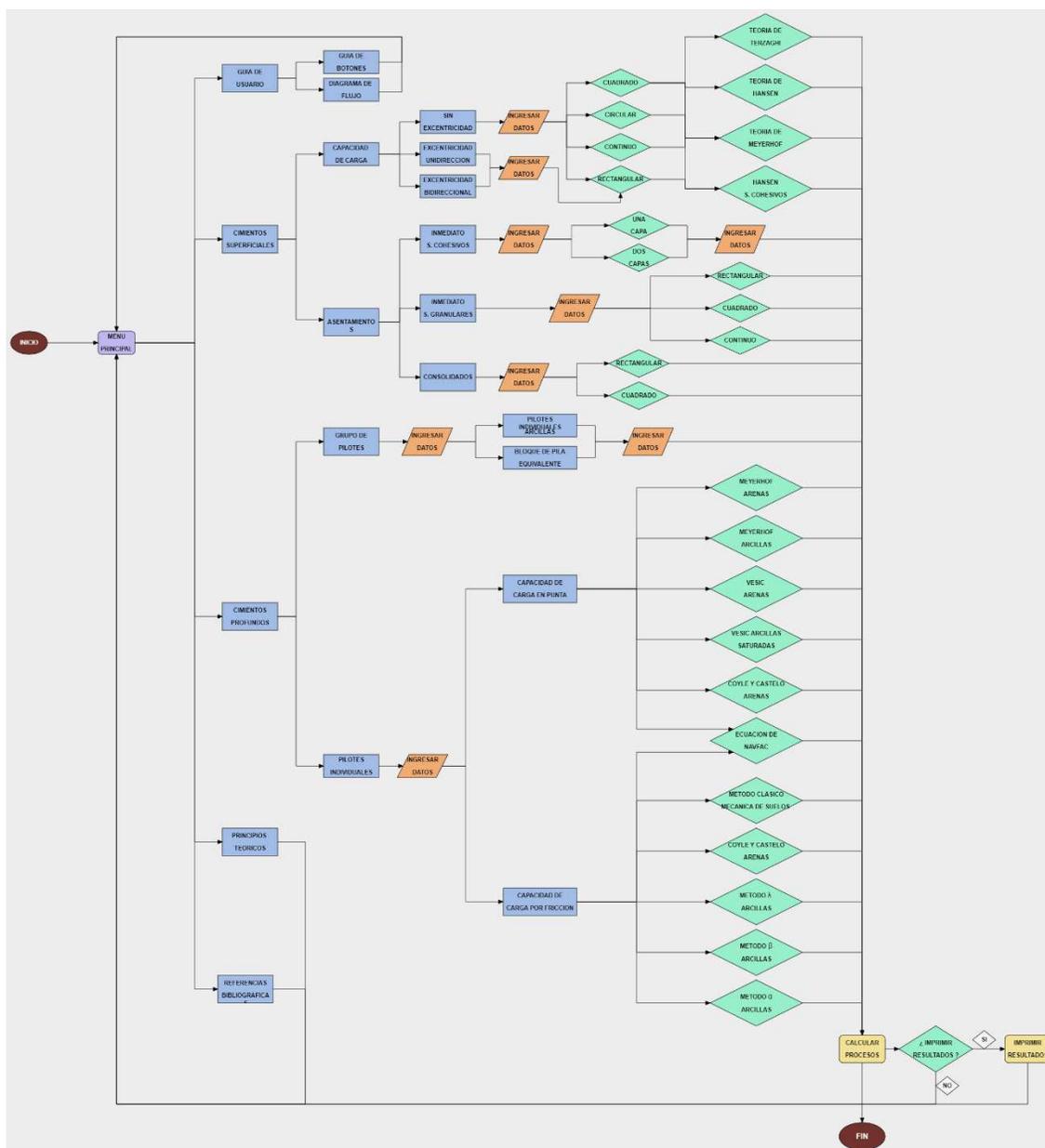


Figura 46. Diagrama de flujo de la programación. Autores del documento. (2021)

Apéndice D. Guía de usuario para el uso del aplicativo

GUIA DE USUARIO PARA EL APLICATIVO EN EXCEL COMO HERRAMIENTA DE APOYO PARA EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA GEOTECNIA II DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

1. Para la interacción con dicho aplicativo será necesario tener instalado Microsoft Excel incluido dentro del paquete de ofimática de Microsoft Word y abrir el archivo digital evidenciado como libro de Excel guardado para macros.
2. El documento deberá ser usado en modo “Diseño de página” para permitir una mejor interacción en la interfaz diseñada para el aplicativo.

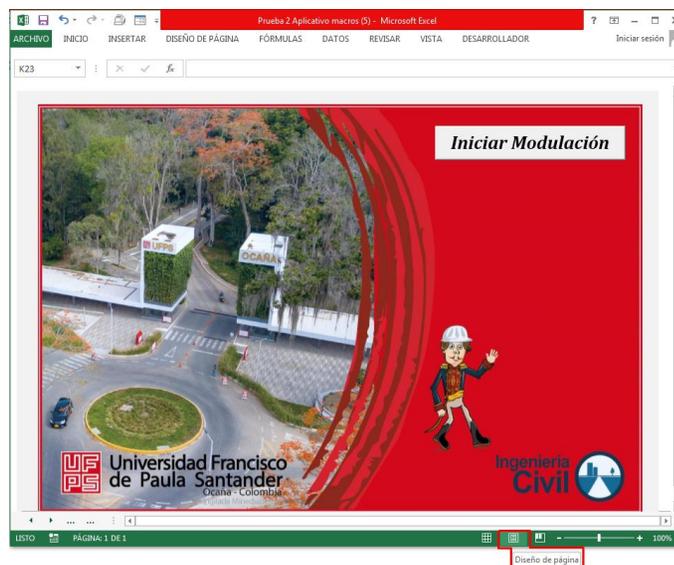


Figura 47. Visualización de interfaz de inicio. Autores del documento. (2021)

3. Ventana de inicio y presentacion del aplicativo boton de “INICIAR MODULACION” (ingreso a la herramienta), al clicar en dicho boton dara inicio al aplicativo.

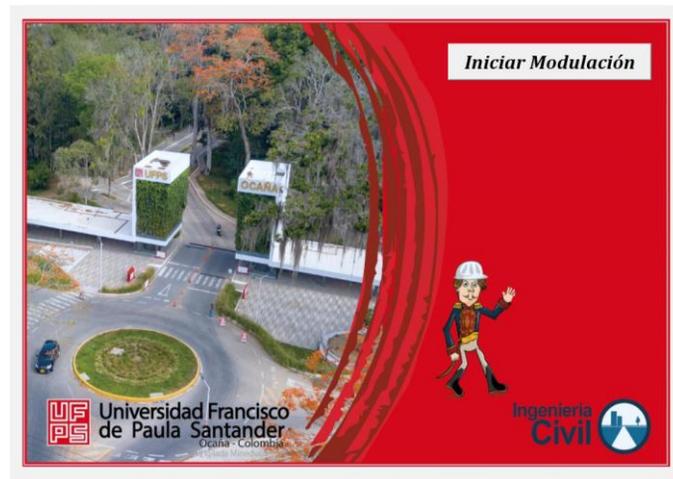


Figura 48. Inicio de interfaz del aplicativo. Autores del documento. (2021)

4. Visualizacion de interfaz del aplicativo que da a conocer las herramientas que posee para interactuar y analizar posteriores temas vistos en la asignatura geotecnia II. Por medio de botones, al clicar cualquiera de ellos sera redirigido a otra interfaz donde le mostrara las opciones correspondientes a la selección previa.



Figura 49. Interfaz de interacción. Autores del documento. (2021)

4.1 Boton de “CIMIENTOS SUPERFICIALES”: al clicar le desplegara las posibles opciones para analisis presentes en temas de cimientos superficiales trabajados al interior del aplicativo (CAPACIDAD DE CARGA – ASENTAMIENTOS).



Figura 50. Selección cimiento superficial. Autores del documento. (2021)



Figura 51. Interfaz de cimientos superficiales. Autores del documento. (2021)

- 4.1.1 Boton de “CAPACIDAD DE CARGA”: al clicar dicho boton se le desplegaran tres nuevos botones correspondientes a los moduladores encargados del analisis dispuesto por el aplicativo para capacidades de carga en cimientos superficiaes (SIN EXCENRICIDAD- EXCENRICIDAD UNIDIRECCIONAL-EXCENRICIDAD BIDIRECCIONAL)



Figura 52. Selección de capacidad de carga. Autores del documento. (2021)



Figura 53. Interfaz de capacidad de carga. Autores del documento. (2021)

- 4.1.2 Boton de “ASENTAMIENTOS”: al clicar dicho boton se le desplegaran tres nuevos botones correspondientes a los moduladores encargados del analisis dispuesto por el aplicativo para asentamientos en cimientos superficiaes (“INMEDIATOS SUELOS COHESIVOS”-“INMEDIATOS SUELOS GRANULARES”-“POR CONSOLIDACION”)



Figura 54. Selección de asentamiento. Autores del documento. (2021)



Figura 55. Interfaz de asentamiento. Autores del documento. (2021)

4.2 Boton de “CIMIENTACIONES PROFUNDAS”: al cliquear le desplagara las posibles opciones para analizar presentes en temas de cimentaciones profundas abarcadas en el aplicativo (PILOTES INDIVIDUALES – GRUPO DE PILOTES).



Figura 56. Selección de cimientos profundos. Autores del documento. (2021)



Figura 57. Interfaz de cimientos profundos. Autores del documento. (2021)

4.3 Boton de “REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS”: al clicar podra evidenciar las referencias usadas en las teorías y postulados plasmados en todo el desarrollo del informe para la realizacion del aplicativo.



Figura 58. Selección de referencias bibliográficas. Autores del documento. (2021)

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	
Apellido del autor	Alva Hurtado
Nombre del autor	Jorge E.
Año de publicación	1996
Título de la pagina o artículo	TERZAGHI Y LA MECÁNICA DE LOS SUELOS.
URL o dirección electrónica	http://jorgealvahurtado.com/public_html/files/labgeo31_a.pdf
Apellido del autor	Bowles
Nombre del autor	Joseph E.
Año de publicación	1997
Título de la pagina o artículo	FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN
URL o dirección electrónica	http://civilcafe.weebly.com/uploads/2/8/9/8/28985467/foundation_ana
Apellido del autor	Braja Das
Nombre del autor	M.
Año de publicación	2015
Título de la pagina o artículo	Fundamentos de ingeniería geotécnica cuarta edición
URL o dirección electrónica	https://www.academia.edu/36776734/Fundamentos_de_ingenieria_geo
Apellido del autor	Congreso de la República de Colombia
Nombre del autor	Congreso de la República de Colombia
Año de publicación	19 de Marzo de 2010
Título de la pagina o artículo	Reglamento Colombiano de Construcción Sísmo Resistente (NSR-10)
URL o dirección electrónica	https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/titulo-

Figura 59. Referencias bibliográficas con link de acceso. Autores del documento. (2021)

4.4 Boton de “Ensayos Geotecnico” (reseña de ensayos de laboratorio): al cliquer podra dar paso a un breve listado y repaso teorico de los ensayos más usuales en el campo de la geotecnia, desplegados en ensayos de campo – ensayos de laboratorio – ensayos geofisicos .



Figura 60. Selección de Ensayos geotécnicos. Autores del documento. (2021)



Figura 61. Selección de Ensayos geotécnicos 2. Autores del documento. (2021)

4.5 Boton de “GUIA DE USUARIO”: al cliquear se desplegara dos botones adicionales (DIAGRAMA DE FLUJO – GUIA DE BOTONES) separado de un pequeño lista inductiva de los principales botones implícitos a lo largo del programa.



Figura 62. Selección de guía de usuario. Autores del documento. (2021)

4.5.1 Boton de “DIAGRAMA DE FLUJO”: Al cliquear dicho boton el usuario podra conocer el diagrama de flujo por el que se compone el aplicativo



Figura 63. Selección de diagrama de flujo. Autores del documento. (2021)

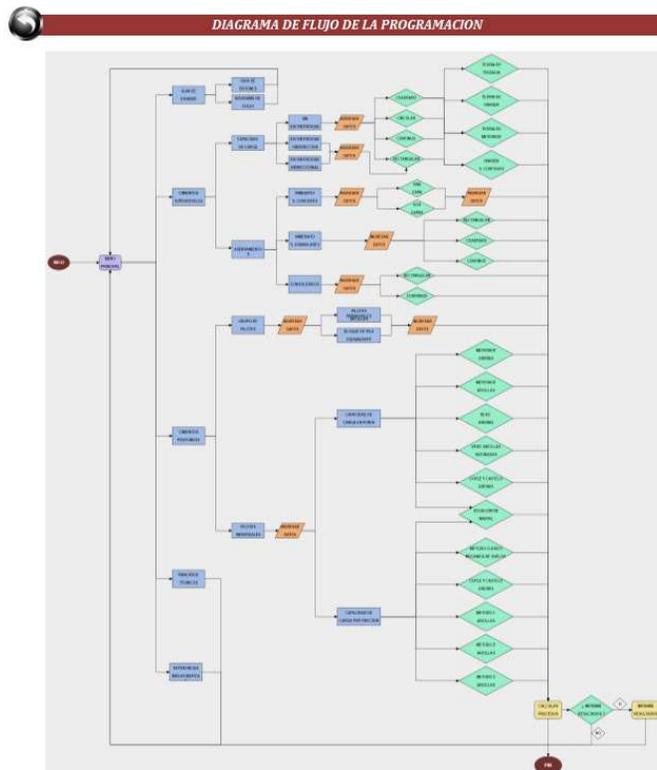


Figura 64. Diagrama de flujos. Autores del documento. (2021)

4.5.2 Boton de "GUIA DE BOTONES": Al clicar dicho boton podra dar paso a una pequeño lista inductiva referentes a los principales botones implicitos que el usuario podra encontrar a lo largo de la interaccion con el programa.



Figura 65. Selección de guía de botones. Autores del documento. (2021)



Figura 66. Guía de botones. Autores del documento. (2021)

4.6 Boton de “SALIR”: le permite dar fin a clculos, analizis y cierre inmediato del aplicativo en Excel.



Figura 67. Selección de salir. Autores del documento. (2021)

5. Indicaciones para el acceso y manejo a las hojas de cálculos correspondientes a los diferentes moduladores:

5.1. **Cimentaciones Superficiales – Capacidad de Carga – Sin excentricidad:** Se requiere ingreso de datos correctos por parte del usuario junto con la selección de tipo de cimiento que desea analizar

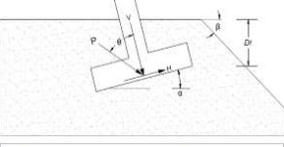
CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA

INTRODUCIR DATOS DEL TERRENO

peso específico del suelo γ_m
 ángulo de fricción φ
 Cohesión C'

Inclinación del terreno α
 Profundidad del nivel freático z

INTRODUCIR DATOS DE CARGA



Carga última en kN P
 Inclinación de la carga θ
 Factor de seguridad $F.S.$

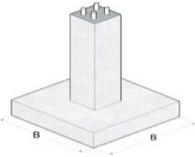
SELECCIONAR TIPO DE CIMIENTO

Figura 68. Cálculo de capacidad de carga. Autores del documento. (2021)

5.1.1. Posterior ingreso de datos y selección de teorías deseadas para el análisis.

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA

INTRODUCIR DATOS DEL CIMIENTO - CIMIENTO CUADRADO



Profundidad de cimentación D_f
 Base de cimiento B
 Inclinación de base del cimiento α

SELECCIONAR TEORIA

Figura 69. Cálculo de capacidad de carga 2. Autores del documento. (2021)

5.1.2. Cálculo de parámetros por medio de botones de cálculo asignados:

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA

Tipo de cimentación: **ECUACIÓN DE TERZAGHI**

$q_{ult} = CNcSc + qNq + \frac{1}{2}\gamma BN_y S_y$

a.1) Factores de capacidad de carga ?

Calcular $N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ $N_q = \frac{e^{(1.5\pi - \phi) \tan \phi}}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{\phi}{2}\right)}$

Nota: Los valores de k_{py} no tienen formulación matemática exacta. N_y se calculan con la tabla establecida por Bowles (1997). $N_y = \frac{\tan \phi}{2} \left(\frac{k_{py}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$

a.2) Factores de forma

Calcular $S'_c = 1 + 0.3 \frac{B}{L}$ $S'_y = 1 - 0.2 \frac{B}{L}$

Nota: Para cimientos continuos $S'_c = S'_y = 1$

a.3) Esfuerzo

Calcular $q = \sigma' = \gamma_m Df$

a.4) Carga última y admisible

$q_{ult} = CNcSc + qNq + \frac{1}{2}\gamma BN_y S_y$ **Calcular** $q_{adm} = \frac{q_{ult}}{F.S.}$

a.5) Verificar estado límite de falla

Figura 70. Cálculo de capacidad de carga 3. Autores del documento. (2021)

5.2. Cimentaciones Superficiales – Capacidad de Carga – Excentricidad

unidireccional: Se requiere ingreso de datos correctos por parte del usuario y selección de teorías deseada para analizar

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA-EXCENTRICIDAD UNIDIRECCIONAL

INTRODUCIR DATOS DEL TERRENO

Peso específico del suelo	γ	20.00 kN/m ³
Angulo de fricción interna	φ'	25 °
Cohesión	c'	16.50 kPa
Inclinación del terreno	β	0 °

¿Hay presencia de nivel freático? Sí No

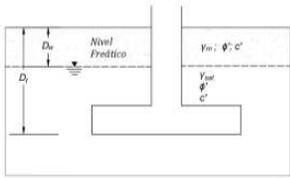


Figura 1. Variables presentes en el suelo

INTRODUCIR DATOS DE CARGA

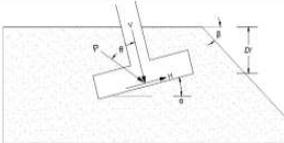
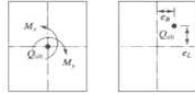


Figura 2. Variables presentes en el cimiento

Carga última en kN	P	400 kN
Inclinación de la carga	θ	0 °
Factor de seguridad	F.S	3.0

Seleccionar dirección de excentricidad
En la dirección larga (L)

Excentricidad de la carga $eL = \frac{Mx}{v} = 0,2 \text{ m}$



SELECCIONAR TIPO DE CIMIENTO

Cimiento Cuadrado Cimiento Rectangular

Cimiento Continuo Cimiento Circular

Figura 71. Capacidad de carga una excentricidad. Autores del documento. (2021)

SELECCIONAR TEORIA

Teoria de Terzaghi Teoria de Meyerhof

Teoria de Hansen Teoria de Hansen - Suelos cohesivos

Figura 72. Selección de teoría una excentricidad. Autores del documento. (2021)

5.3. Cimentaciones Superficiales – Capacidad de Carga – Excentricidad

bidireccional: Se requiere ingreso de datos correctos por parte del usuario y selección de teorías deseada para analizar

CAPACIDAD DE CARGA- DOBLE EXCENTRICIDAD

INTRODUCIR DATOS DEL TERRENO

Peso específico del	γ	20,00 kN/m ³
Angulo de fricción	ϕ'	25°
Cohesión	c'	16,50 kPa
Inclinación del terreno	β	0°
¿Hay presencia de nivel freático? <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> No		

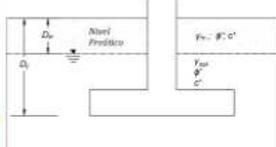


Figura 1. Variables presentes en el suelo

INTRODUCIR DATOS DE CARGA

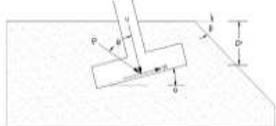
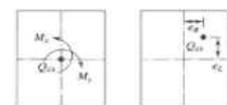


Figura 1. Variables presentes en la cimentación

Carga última en kN	P	0 kN
Inclinación de la carga	θ	0°
Factor de seguridad	F.S.	4,0

Excentricidad ad de la carga	$e_y = \frac{M_x}{P}$	###
	$e_x = \frac{M_y}{P}$	###



INTRODUCIR DATOS DEL CIMIENTO - CIMIENTO RECTA

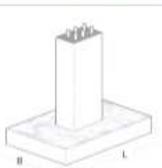


Figura 2. Cimiento

Profundidad de cimentación	D_f	2 m
Base de cimiento	B	2 m
Longitud de cimiento	L	2 m
Inclinación de base del cimiento	α	0°

Siguiete

Figura 73. Capacidad de carga doble excentricidad. Autores del documento. (2021)

SELECCIONAR TEORIA

Teoria de Terzaghi

Teoria de Meyerhof

Teoria de Hansen

Teoria de Hansen - Suelos cohesivos

Figura 74. Selección de teoría doble excentricidad. Autores del documento. (2021)

5.3.1. selección de caso de excentricidad bidireccional:

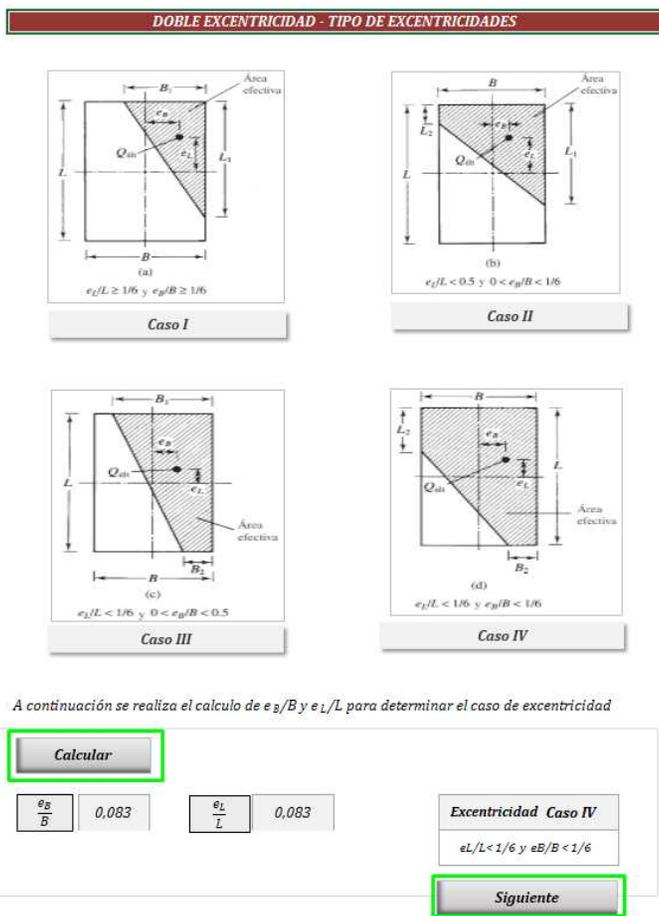


Figura 75. Capacidad de carga doble excentricidad 2. Autores del documento. (2021)

5.3.2. cálculos de casos específicos:

CAPACIDAD DE CARGA- DOBLE EXCENTRICIDAD

CASO 1

Area efectiva

Calcular $B_1 = B \left(1.5 - \frac{3e_g}{B} \right)$ 2,500 m $L_1 = L \left(1.5 - \frac{3L'}{L} \right)$ 2,500 m

$A' = \frac{1}{2} B_1 L_1$ 3,125 m²

Longitud efectiva

La longitud efectiva L' , es la mayor de las dos dimensiones, es decir, B_1 o L_1 . L' 2,50 m

Ancho efectivo

Calcular $B' = \frac{A'}{L'}$ 1,25 m

Figura 76. Capacidad de carga doble excentricidad 3. Autores del documento. (2021)

5.4. Cimentaciones Superficiales – Asentamientos Inmediatos Suelos Cohesivos:

Se requiere ingreso de datos correctos por parte del usuario y selección de número de capas para analizar.

ASENTAMIENTOS INMEDIATOS EN SUELOS COHESIVOS

$$s_i = \frac{q \cdot B \cdot (1 - \nu^2) \cdot I_s \cdot I_f}{E}$$

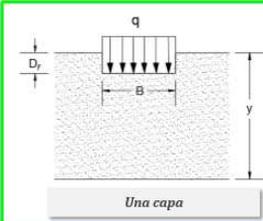
Siendo:

- **q** la Presión transmitida al suelo (Carga columna/Área zapata)
- **B** Ancho del cimiento, se toma B/2 para cálculo de asentamiento en el centro de la zapata y B para asentamientos en ña esquina de la zapata
- **ν**, Coeficiente de poisson
- **E** Modulo de elasticidad para el suelo bajo la zapata si son capas de valores similares se toma un E promedio ponderado, si son capas de diferentes valores de E se analiza como suelo cohesivo estratificado
- **I_s** Factor de influencia por forma del cimiento (relación L/B)
- **I_f** Factor de influencia por profundidad del cimiento (Tabla de Fox)

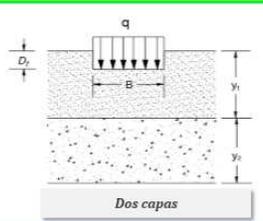
INTRODUCIR DATOS DE CIMENTACIÓN Y CARGA

Presión transmitida	q	0,15 kN/m ²	Base de cimiento	B	6,0 m
Profundidad de cimentación	D _f	0,0 m	Longitud de cimiento	L	12,0 m

SELECCIONAR NUMERO DE CAPAS



Una capa



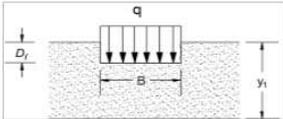
Dos capas

Figura 77. Asentamientos inmediatos cohesivos. Autores del documento. (2021)

5.4.1. posterior ingreso de datos y paso para calcular:

ASENTAMIENTOS INMEDIATOS SUELOS COHESIVOS-DOS CAPAS

Capa 1



Profundidad de capa y_1 12,00 m

Modulo de elasticidad E_1 38000 kPa

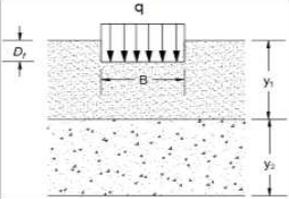
Coefficiente de poisson ϕ_1 0,35

Capa 2

Profundidad de capa y_2 6,00 m

Modulo de elasticidad E_2 25000 kPa

Coefficiente de poisson ϕ_2 0,40



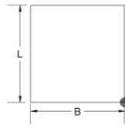
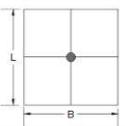
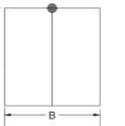
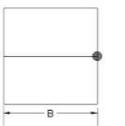
Calcular

Figura 78. Asentamientos inmediatos cohesivos 2. Autores del documento. (2021)

5.4.2. Selección de caso y cálculo de casos específicos:

ASENTAMIENTOS EN SUELOS COHESIVOS-UNA CAPA

Seleccionar Caso **Caso 2** (Lista desplegable)

Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
			
Calculo de Asentamiento en una esquina de la Zapata	Calculo de Asentamiento en el centro de la Zapata	Calculo de asentamiento en el centro del lado corto	Calculo de asentamiento en el centro del lado largo

Primera Capa

a.1) Factores m y n

Calcular

$m' = \frac{L'}{B'}$	<input type="text" value="2,0"/>	$n' = \frac{H}{B'}$	<input type="text" value="4,0"/>
$a = m'^2$	<input type="text" value="4,00"/>	$b = n'^2$	<input type="text" value="16,00"/>

a.2) Factores A_0 , A_1 y A_2

Calcular

$A_0 = m' \cdot Ln \left[\frac{(1 + \sqrt{a + 1})(\sqrt{a + b})}{m'(1 + \sqrt{a + b + 1})} \right]$	<input type="text" value="0,519"/>
--	------------------------------------

Figura 79. Asentamientos inmediatos cohesivos 3. Autores del documento. (2021)

5.5. Cimentaciones Superficiales – Asentamientos - Inmediatos Suelos

Granulares: Se requiere ingreso de datos correctos por parte del usuario y selección de tipo de cimiento deseado para analizar

ASENTAMIENTOS INMEDIATOS EN SUELOS GRANULARES

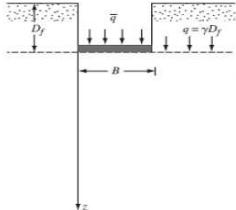
$$S_i = C_1 + C_2 \cdot \Delta q + \sum \left[\left(\frac{I_z}{E_s} \right) \Delta z \right]$$

$$\Delta q = \frac{P}{A} - \sigma'_{v0}$$

Stendo:

- I_z factor de influencia de la deformación unitaria
- σ'_{v0} Esfuerzo vertical efectivo hasta la profundidad de la cimentación
- C_1 factor de corrección para la profundidad de empotramiento de la cimentación
- C_2 factor de corrección para tener en cuenta la fluencia en el suelo

INTRODUCIR DATOS DE TERRENO Y CARGA



Peso específico del suelo	γ_{sat}	18,00 kN/m ³
Modulo de elasticidad	E_s	6000 kg/cm ²
Años de flujo plastico	t	10 años
Profundidad z	z	2,00 m
Profundidad de cimentación	D_f	1,5 m
Presión trasmitida	q	195,00 kN/m ²

SELECCIONAR TIPO DE CIMIENTO

Cimiento Cuadrado

Cimiento Rectangular

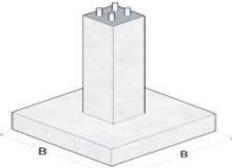
Cimiento Continuo

Figura 80. Asentamiento inmediato granulares. Autores del documento. (2021)

5.5.1. Ingreso de dimensiones del cimiento y posterior paso para calcular

ASENTAMIENTOS INMEDIATOS - SUELOS GRANULARES

INTRODUCIR DATOS DEL CIMIENTO - CIMIENTO CUADRADO



Para cimiento cuadrado $L=B$. El espesor de subcapa es $B/2$, la profundidad de análisis $z=2B$

Base de cimiento

Siguiente

Figura 1. Cimiento Cuadrado

Figura 81. Asentamiento inmediato granulares 2. Autores del documento. (2021)

5.5.2. Cálculo de parámetros y auto llenado de tabla de valores

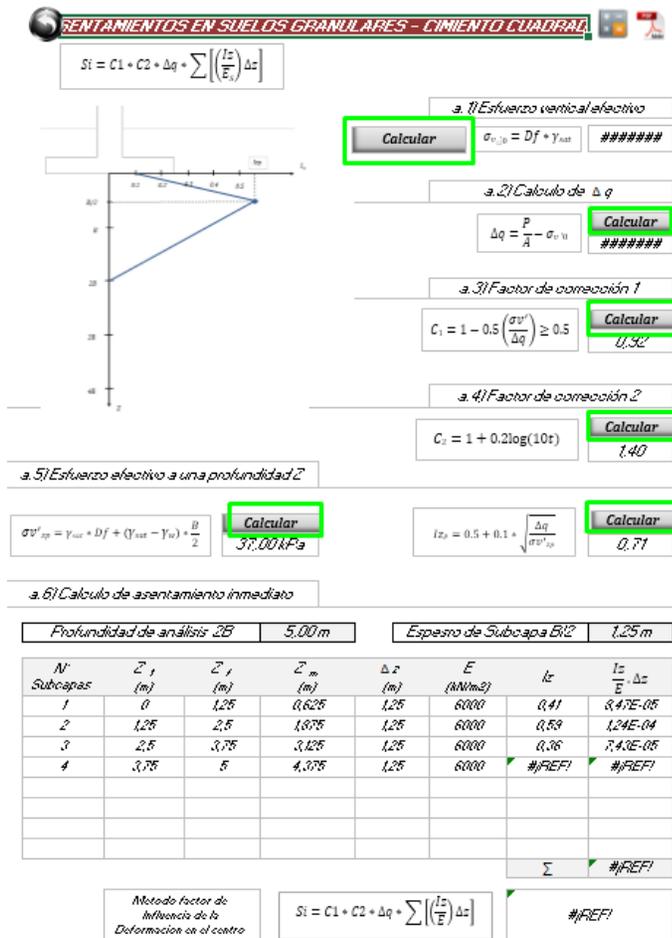


Figura 82. Asentamiento inmediato granulares 3. Autores del documento. (2021)

5.6. Cimentaciones Superficiales – Asentamientos –Por consolidación: Se requiere ingreso de datos correctos por parte del usuario y selección de tipo de cimiento deseado para analizar

ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN - AREA CARGADA DE TAMAÑO FINITO

CIMIENTO RECTANGULAR

$$\Delta S_{con} = H \cdot \frac{C_c}{1+e} \cdot \text{Log} \frac{\sigma'_{cp} + \Delta \sigma'_v}{\sigma'_{cp}}$$

INTRODUCIR DATOS - PROPIEDADES DEL SUELO Y CARGA

Peso específico del suelo	γ_m	15,70 kN/m ³	Presión transmitida al cimiento	q	370 kN/m ²
Parametro de presión intersticial	A	0,4	Profundidad de cimentación	D_f	1,5 m
Coefficiente de poisson	ν	0,50	Presión de preconsolidación	σ'_p	100,00 kPa
Espesor de la capa de suelo	z	4,00 m	Esfuerzo efectivo	σ'_o	42,42 kPa
Modulo de elasticidad	E	10500 kN/m ²			

¿Hay presencia de nivel freático?

Parametro de presión	e_0	0,68
Coefficiente de poisson	C_c	0,25
Espesor de la capa de suelo	C_s	0,06
Modulo de elasticidad	C_v	9,70E-02 cm ² /min

Figura 83. Asentamiento por consolidación. Autores del documento. (2021)

5.6.1. Cálculo de casos específicos y auto llenado de tabla de valores

ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN

a.1) **Calculo de OCR**
 Se verifica si se trata de un suelo normalmente consolidado o preconsolidado
 Calcular $OCR = \frac{\sigma'_p}{\sigma'_o}$ 2,36 > 1 → Suelo Preconsolidado

a.2) **Espesor del suelo afectado por el q actuante en la consolidación**
 Para cimiento cuadrado este se proyecta hasta 3B bajo la zapata
 3B 5,40 m > 4,00 m se calcula el asentamiento con los 4,00 m

a.3) **Espesor de subcapas**
 Máximo B/2 para cimiento cuadrado o rectangular
 ΔD 0,90 m → número de subcapas 5

a.4) **Coficiente de asentamiento**
 A 0,4 → Introducir valor a partir de tabla
 u 0,60

Siguiente

Figura 84. Asentamiento por consolidación 2. Autores del documento. (2021)

Asentamiento por CONSOLIDACION																				
		q		370 kN/m ²		σ' _p		200,00 kPa		B		L								
Subcapa	Z=0 en el plano de cimentación	Z=0 a nivel del terreno	Z plano de consolidación	σ' _m	m	n	σ' _{vm} = 1 + σ' _v z	σ' _{vm} = 1 + σ' _v z	σ' _{vm} = 1 + σ' _v z	σ' _{vm} = 1 + σ' _v z	σ' _{vm} = 1 + σ' _v z	σ' _{vm} = 1 + σ' _v z	σ' _{vm} = 1 + σ' _v z	σ' _{vm} = 1 + σ' _v z						
	Z ₁	Z ₂ (m)	Z para σ' _m	σ' _m (kPa)																
1	1,5	2,4	2,85	8,45	466,6	2,00	2	9,09	1,60E-01	-0,08	0,202	244,39	250,98	0,9	0,69	0,25	0,06	0,22	FALSO	0,023
2	2,4	3,3	2,85	1,25	457,8	0,67	0,67	2,09	1,96E-01	1,69	0,212	179,32	177,08	0,9	0,69	0,25	0,06	0,22	FALSO	0,014
3	3,3	4,2	3,75	2,25	448,9	0,40	0,4	1,22	2,56E-01	1,29	0,16	89,24	138,18	0,9	0,69	0,25	0,06	0,22	FALSO	0,007
4	4,2	5,1	4,65	3,15	440,1	0,29	0,29	1,26	4,66E-01	1,26	0,074	30,81	490,92	0,9	0,69	0,25	0,06	0,22	FALSO	0,004
5	5	5,9	5,45	4,05	432,2	0,22	0,22	1,07	2,44E-01	1,10	0,022	32,27	464,14	0,9	0,69	0,25	0,06	0,22	FALSO	0,003
													S _c (m)	0,056						
													S _c (cm)	5,60						
													S _c (mm)	56,01						

Zapata flexible equivalente ΔS_{cm} = am · ΔD · Δσ_m 0,056 m Zapata rígida 0,8 ΔS_{cm} 0,045 m

Figura 85. Asentamiento por consolidación 3. Autores del documento. (2021)

5.7. **Cimentaciones Profundas –Pilotes Individuales:** Se requiere ingreso de datos correctos por parte del usuario y selección de caso para analizar

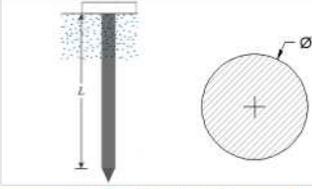
CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA EN PILOTES

INTRODUCIR DATOS DEL TERRENO

Peso específico del suelo	γ	20,00 kN/m ³
Angulo de fricción	ϕ	32,00°
Cohesión	C	10,00 kN/m ³

Profundidad del nivel freático	D_w	2 m
--------------------------------	-------	-----

INTRODUCIR DATOS DEL CIMENTO



Base de cemento	ϕ	0,30 m
Longitud de cimentación	L	12 m

SELECCIONAR METODO

CAPACIDAD DE CARGA EN PUNTA

Metodo de Meyerhof- Arenas	Metodo de Meyerhof- Arcillas
Metodo de Vesic - Arenas	Método de Vesic - Arcillas Saturadas
Metodo de Coyle y Castelo - Arenas	Método de NAVFAC

CAPACIDAD DE CARGA POR FRICCIÓN

Método clásico de la Mecanica de Suelos- Arenas	Metodo λ - Arcillas
Metodo de Coyle y Castelo - Arenas	Metodo α - Arcillas
Método de NAVFAC	Metodo β - Arcillas

Figura 86. Capacidad de carga en pilote. Autores del documento. (2021)

5.7.1. Cálculo de casos específicos:

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA EN PUNTA

METODO DE MEYERHOF - ARCILLAS

Para pilotes en arcillas saturadas en condiciones sin drenaje el ángulo de fricción es igual a cero ($\phi=0$) entonces la ecuación toma la siguiente forma

$$Q_p = A_p q_p = 9 c_u A_p$$

a.1) Cálculo de Q_p

Calcular

Area transversal		
$A_p = \frac{\pi \phi^2}{4}$	0,071 m ²	$Q_p = 9 c_u A_p$ 38,17 kN

Figura 87. Capacidad de carga en pilote en punta. Autores del documento. (2021)

5.8. **Cimentaciones Profundas –Grupo de Pilotes:** Se requiere ingreso de datos correctos por parte del usuario y selección de caso para analizar

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA GRUPO DE PILOTES

Para el análisis de capacidad de carga en grupos de pilotes se debe tener en cuenta que los bulbos de esfuerzo que transmite cada pilote al suelo se traspasa, razón por la cual se produce una reducción en la capacidad de carga de los pilotes. Para que dicha reducción sea lo menor posible se recomienda que $d=2.5D$ o en general que esté entre $3D$ a $3.5D$, siendo D la dimensión del pilote (lado menor o diámetro)

La reducción en la capacidad de carga se determina mediante la Eficiencia del grupo de Pilotes

$$n = \frac{Q_{\text{grupo}}}{\sum Q_{\text{pil}} (\text{individual})}$$

INTRODUCIR DATOS DEL TERRENO

Peso específico del suelo γ_m

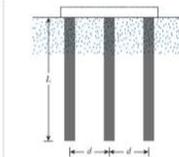
Angulo de fricción φ

Cohesión c

z

Profundidad del nivel freático

INTRODUCIR DATOS DE PILOTE



Base de cimiento ϕ

Longitud de cimiento L

Separación centro a centro a

Figura 88. Capacidad de carga en grupo de pilotes. Autores del documento. (2021)

5.8.1. cálculos de casos específicos:

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA GRUPO DE PILOTES

La capacidad de carga del grupo de pilotes será el menor valor entre la capacidad del grupo como la suma de la capacidad de los pilotes individuales (como el caso de las arenas) y la capacidad del grupo como un bloque "pila equivalente" con dimensiones L_{gr} y L_{gr} .

$$L_{gr} = (n1 - 1) * d + 2 * \left(\frac{D}{2}\right)$$

$$L_{gr} = (n1 - 1) * d + 2 * \left(\frac{D}{2}\right)$$

COMO PILOTES INDIVIDUALES-ARCILLAS

$$Q_{punta(i)} = A_{punta} * (9 * C_u \text{ punta})$$

$$Q_{a(i)} = \sum \alpha * \text{perimetro} * C_u * \Delta L$$

Capacidad portante de seguridad $Q_{adm} = \frac{Q_{p(i)}}{F.S. B_{indirecto}} + \frac{Q_{a(i)}}{F.S. B_{directo}}$

$$Q_{adm \text{ grupo}} = \eta * N^{\circ} \text{ pilotes} * Q_{adm}$$

Calculo de Q ultima en punta (individual)

Área transversal

$$A_p = \frac{\pi D^2}{4}$$

0,196 m² ⇒ $Q_{uPi} = A_{punta} * (9 * C_u \text{ punta})$ 44.18 kN **Calcular**

Calculo de η

Numero de pilotes 9

Aqui explicación criterio de Feld

Para calcular η se usa el criterio de Feld

$$\eta = \frac{N^{\circ} \text{ Pilotes con vecinos} * \left(1 - \frac{N^{\circ} \text{ pilotes vecinos}}{16}\right)}{N^{\circ} \text{ pilotes}}$$

0,72

Nota Para N° de pilotes ≥ 16 se deja el criterio de Meyerhof de $n=2/3$ para $d=3D$. Si el espaciamiento es $d > 8D$ se toma $\eta=1.0$. Para valores de espaciamiento entre $3D$ y $8D$ se interpola entre $\eta=2/3$ y $\eta=1.0$

Calculo de Q ultima en punta (grupo)

$$Q_{uPorgrupo} = \eta * N^{\circ} \text{ pilotes} * Q_{uPi}$$

286.28 kN **Calcular**

Figura 89. Capacidad de carga en grupo de pilotes 2. Autores del documento. (2021)