UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

TEMA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:

Análisis de alternativas de soluciones geotécnicas para cimentaciones de estructuras tipo naves industriales, ubicadas en el cantón Yaguachi, provincia del Guayas.

AUTORES:

Ing. Lara Samaniego Rodney Javier

Ing. Loaiza Tacury Jefferson Ronald

Previo a la obtención del Grado Académico de:
Magíster en Ingeniería de la Construcción

Guayaquil, Ecuador
2025

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Ingeniero, Rodney Javier Lara Samaniego y el Ingeniero Jefferson Ronald Loaiza Tacury como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **Magíster en Ingeniería de la Construcción**

REVISOR(A)

_____

Ing. Gilberto Martínez Rehpani, Mgs.

DIRECTOR DEL PROGRAMA

_____

Ing. Rommel Yela Acosta, Mgs.

Guayaquil, a los 19 días del mes de agosto del año 2025

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Rodney Javier Lara Samaniego

DECLARO QUE:

El trabajo de titulación: Análisis de alternativas de soluciones geotécnicas para cimentaciones de estructuras tipo naves industriales, ubicadas en el cantón Yaguachi, provincia del Guayas, para la obtención del **Grado Académico de Magíster en Ingeniería de la Construcción**, ha sido desarrollada en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del ensayo del Grado Académico en mención.

Guayaquil, a los 19 días del mes de agosto del año 2025

EL AUTOR

_____
Rodney Javier Lara Samaniego

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Jefferson Ronald Loaiza Tacury

DECLARO QUE:

El trabajo de titulación: Análisis de alternativas de soluciones geotécnicas para cimentaciones de estructuras tipo naves industriales, ubicadas en el cantón Yaguachi, provincia del Guayas, para la obtención del **Grado Académico de Magíster en Ingeniería de la Construcción**, ha sido desarrollada en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del ensayo del Grado Académico en mención.

Guayaquil, a los 19 días del mes de agosto del año 2025

EL AUTOR

_____

Jefferson Ronald Loaiza Tacury

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

AUTORIZACIÓN

Yo, Rodney Javier Lara Samaniego

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación previo a la obtención del grado de **Magíster en Ingeniería de la Construcción** titulado: Análisis de alternativas de soluciones geotécnicas para cimentaciones de estructuras tipo naves industriales, ubicadas en el cantón Yaguachi, provincia del Guayas, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 19 días del mes de agosto del año 2025

EL AUTOR:

_____

Rodney Javier Lara Samaniego

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

AUTORIZACIÓN

Yo, Jefferson Ronald Loaiza Tacury

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación previo a la obtención del grado de **Magíster en Ingeniería de la Construcción** titulado: Análisis de alternativas de soluciones geotécnicas para cimentaciones de estructuras tipo naves industriales, ubicadas en el cantón Yaguachi, provincia del Guayas, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 19 días del mes de agosto del año 2025

EL AUTOR:

_____

Jefferson Ronald Loaiza Tacury

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

REPORTE COMPILATIO

INFORME DE ANÁLISIS
magister

Trabajo de titulacion Lara, Loaiza final 29 Junio 2025

3% Textos sospechosos

- 0% Similitudes (ignorado)
  - 0% similitudes entre comillas
  - 0% entre las fuentes mencionadas
- 3% Idiomas no reconocidos (ignorado)
- 3% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Trabajo de titulacion Lara, Loaiza final 29 junio 2025.doc
ID del documento: 87577a7b3ad8638270027390e8215 3d36c34ca53
Tamaño del documento original: 13,15 MB

Depositante: Carlos Andres Grau Sacoto
Fecha de depósito: 1/7/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 1/7/2025

Número de palabras: 17.626
Número de caracteres: 118.187

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Tesis_Carrillo_González_v1.docx | Tesis_Carrillo_González_v1 #a17cd0 El documento proviene de mi grupo 12 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (392 palabras)
2	localhost | Evaluación a 5 años, de los efectos terapéuticos del metrotexato pare... http://localhost:8080/xmlui/bitstream/3317/9365/3/T-UCSG-PRE-MED-634.pdf.txt 7 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (351 palabras)
3	repositorio.ucsg.edu.ec | Tenencia compartida, derechos de los padres o connat... http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/16837/1/T-UCSG-POS-MDDP-92.pdf 5 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (255 palabras)
4	Explorando los Desafíos Actuales en la Gestion de Carga Laboral y Sal... #02a5b El documento proviene de mi grupo 4 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (242 palabras)
5	repositorio.ucsg.edu.ec | Gestión en talento humano y su incidencia en el dese... http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/23242/1/UCSG-C456-22786.pdf 2 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (222 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #587123 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
2	Documento de otro usuario #052823 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
3	repositorio.uniandes.edu.co https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/38951/u820689.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (15 palabras)
4	tuaireacondicionado.net | 5 razones por las que el aire acondicionado expulsa h... https://tuaireacondicionado.net/5-razones-por-las-que-el-aire-acondicionado-expulsa-humo-...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
5	repositorio.espe.edu.ec | Estructuración del orgánico funcional de la empresa fi... http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/26812	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
[illegible]	Trabajo de titulacion Lara, Loaiza final 29 Junio 2025.doc | Trabajo de ... #9b6b5	[illegible]		Palabras [illegible] (17.626

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme culminar una meta más en mi vida, por ayudarme y guiarme en mi vida personal y profesional.

A mis padres que son mis ejemplos de vida, que siempre me han motivado a realizar todos mis metas y me han enseñado con el ejemplo a ser una buena persona con principios y valores. A mi hermano Álvaro por brindarme parte de su tiempo. A mi hermano Josué por estar siempre cuidándome.

A mi tutor, Andrés Grau por proporcionarnos su tiempo y su conocimiento para desarrollar este trabajo de titulación.

Jefferson Ronald Loaiza Tacury

Agradezco a todos quienes me motivaron durante el camino que decidí trazarme, en especial a mi familia, por la paciencia y el apoyo incondicional, así también al ingeniero Andrés Grau por compartir sus conocimientos, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo del presente trabajo de titulación.

Rodney Javier Lara Samaniego

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación primero a Dios por todo lo que me ha brindado durante toda mi vida y a mi familia por estar siempre a mi lado, deseándome todo lo mejor en mi vida.

Jefferson Ronald Loaiza Tacury

El presente trabajo de titulación está dedicado a mi familia, a mis bis abuelos, raíces profundas de mi historia, cuya sabiduría, legado y ejemplo siguen vivos en mí con un espíritu que trasciende generaciones.

A mis abuelos, ya que su amor y enseñanzas continúan guiando mi camino como una luz que a pesar de la distancia jamás se apaga.

A mis padres, la brújula moral que encamina mi vida, cuyas manos firmes y corazones generosos me guiaron con amor y paciencia en cada paso.

A mi hermana, compañera de alma y de camino, por su risa que aligera los días y su presencia que abraza incluso en la distancia.

Y a todos mis pequeños, ya que, con sus miradas puras, su calidez silenciosa y su amor sin condiciones, lograron aligerar el peso de las horas. Ustedes también estuvieron ahí, en cada página y en cada noche larga, en especial a Osito, Max, Gordito, Manchas, Inocencio, Orejitas, Martín, Pinchis y Shizuka por enseñarme que, en un mundo lleno de adversidades, el amor puede surgir en cualquier forma y bajo cualquier circunstancia.

Rodney Javier Lara Samaniego

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1

Antecedentes 2

Objetivo general 3

Objetivos específicos 3

Alcance 4

Metodología 4

Impacto esperado 5

1. CAPÍTULO I 6

1.1 Métodos de mejoramiento de suelos. 6

1.2 Tipos de soluciones geotécnicas para cimentaciones. 11

1.2.1 Mejoramiento de suelos usando aditivos 12

1.2.2 Mejoramiento de suelos usando métodos mecánicos 13

1.2.3 Mejoramiento de suelos sin usar aditivos 15

1.2.4 Mejoramiento de suelos con métodos térmicos 16

1.3 Soluciones geotécnicas para suelos blandos. 18

1.3.1 Columnas de Grava 19

1.3.2 Terraplén sobre pilotes 20

1.3.3 Columnas de suelo estabilizado 22

1.3.4 Remoción parcial o total 24

1.3.5 Consolidación por vacío 26

1.3.6 Pilotes 28

1.3.7 Geodrenes 30

1.3.8 Micropilotes 33

1.3.9 Precarga 36

1.4 Descripción de las alternativas de soluciones geotécnicas a utilizar. .40

1.4.1 Descripción del sistema de mejoramiento con pilotes 40

1.4.2 Descripción del sistema de mejoramiento con precarga y sobrecarga 43

1.4.3 Descripción del sistema de mejoramiento con drenes verticales .45

2. CAPITULO II 49

2.1 Descripción del caso de estudio 49

2.1.1 Descripción de estratos presentes en el sitio de estudio 50

2.1.2 Cálculo de la carga presente en el sitio. 51

2.2 Elaboración paso a paso en software 51

2.2.1 Galpón a 12 meses 55

2.3 Desarrollo del sistema de precarga. 58

2.4 Desarrollo del sistema de sobrecarga. 60

2.5 Desarrollo del sistema de precarga más drenes. 63

2.6 Observaciones: 69

3. CAPITULO III 70

3.1 Presupuesto 70

3.1.1 Precarga 71

3.1.2 Sobrecarga 72

3.1.3 Precarga con drenes 73

3.1.4 Pilotes.....73

4. CAPITULO IV 74

4.1 Evaluación económica.....74

4.2 Conclusiones.....78

4.3 Recomendaciones.....79

REFERENCIAS.....109

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla 1 Métodos de mejora, refuerzo y tratamiento de terrenos 8

Tabla 2 Clasificación de métodos de mejora del terreno según el Comité Técnico TC-211 del ISSMG 8

Tabla 3 Campo de aplicación de las principales técnicas de mejora del terreno. 10

Tabla 4 Estratos presentes en el suelo a intervenir. 50

Tabla 5 Cálculo de la carga presente en el sitio. 51

Tabla 6 Cálculo de la carga presente en el sitio a intervenir. 56

Tabla 7 Asentamiento en cm respecto a los días transcurridos. 57

Tabla 8 Asentamiento en cm respecto a los días transcurridos. 59

Tabla 9 Asentamiento en cm respecto a los días transcurridos. 62

Tabla 10 Asentamiento en cm respecto a los días transcurridos. 65

Tabla 11 Presupuesto de precarga. 71

Tabla 12 Presupuesto de sobrecarga. 72

Tabla 13 Presupuesto de precarga con drenes. 73

Tabla 14 Presupuesto de pilotes. 74

Tabla 15 Datos del proyecto. 74

Tabla 16 Empresas a analizar. 75

Tabla 17 Análisis en empresas pequeñas. 76

Tabla 18 Análisis en empresa mediana A. 76

Tabla 19 Análisis en empresa mediana B. 77

Tabla 20 Análisis en empresas grandes. 77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

CAPÍTULO I

Ilustración 1 Mejoramiento de suelos con alto contenido de arcillas. 6

Ilustración 2 Aplicabilidad de las técnicas de mejora del terreno atendiendo a su granulometría.....7

Ilustración 3 Clasificación de las técnicas de mejora de terreno. 7

Ilustración 4 Métodos de mejora y modificación del suelo.....9

Ilustración 5 Mejoramiento de suelos con cal.....12

Ilustración 6 Método de mejoramiento por vibrocompactación.....15

Ilustración 7Sistema de mejoramiento de suelos por precarga 16

Ilustración 8Mejoramiento de suelos mediante calentamiento 17

Ilustración 9 Terraplén sobre suelos blandos.....18

Ilustración 10 Proceso constructivo de columnas de grava.....20

Ilustración 11 Terraplén sobre pilotes 21

Ilustración 12 Proceso constructivo de las columnas de cal.....24

Ilustración 13 Proceso de remoción de suelo deficiente. 25

Ilustración 14 Esquema del proceso de consolidación por vacío. 27

Ilustración 15Pilotes.....30

Ilustración 16 Geodrenes.....32

Ilustración 17 Precarga en la construcción del Muelle de Baleares en el Puerto de Tarragona.....40

Ilustración 18 Proceso de hincado de pilotes de hormigón 43

Ilustración 19 Proceso constructivo de terraplén para precarga.....44

Ilustración 20 Esquemas de drenaje 46

Ilustración 21 Drenes con disposición en tresbolillo. 47

Ilustración 22 Drenes con disposición en cuadrícula.....47

Ilustración 23 Proceso de colocación de mechas drenantes. 49

Ilustración 24 Localización de los puntos de toma de muestras. 50

Ilustración 25 Selección de Project settins. 51

Ilustración 26 Se colocan los parámetros de configuración. 52

Ilustración 27 Estimación de días de asentamiento. 52

Ilustración 28 Definición de parámetros del agua. 53

Ilustración 29 Colocación de datos del proyecto. 53

Ilustración 30 Determinación de propiedades del suelo. 54

Ilustración 31 Colocación de alturas de estratos. 54

Ilustración 32 Colocación de la carga del galpón. 55

Ilustración 33 Gráfica de asentamientos vs tiempo. 56

Ilustración 34 Gráfica asentamientos vs profundidad. 57

Ilustración 35 Precarga 90 días y 58 kpa. 58

Ilustración 36 Gráfica de asentamientos totales vs tiempo en condiciones de precarga. 58

Ilustración 37 Gráfica de asentamientos totales vs profundidad (Precarga). 59

Ilustración 38 Sobrecarga a 90 días y 80 Kpa.....60

Ilustración 39 Gráfica de asentamientos totales vs tiempo (Sobrecarga). 61

Ilustración 40 Gráfica de asentamientos totales vs profundidad (Sobrecarga). 61

Ilustración 41 Precarga a 90 días, 58 Kpa y drenes mecha. 62

Ilustración 42 Colocación de mechas drenantes en el programa. 63

Ilustración 43 Determinación de características de las mechas drenantes. .64

Ilustración 44 Gráfica de asentamientos totales vs tiempo (Precarga con mechas drenantes). 64

Ilustración 45 Gráfica de asentamientos totales vs profundidad (Precarga con mechas drenantes). 65

Ilustración 46 66

Ilustración 47 Gráfico compilatorio de Asentamientos (cm) Vs Tiempo (Días). 67

Ilustración 48 Gráfico de Asentamientos (cm) Vs Tiempo (días).....68

RESUMEN

El presente trabajo de titulación es desarrollado con la finalidad de realizar el análisis de alternativas que puedan ser aplicadas como soluciones geotécnicas para cimentaciones de estructuras tipo naves industriales, ubicadas en el cantón Yaguachi, provincia del Guayas, para este efecto se deberán analizar las características del suelo presente en el sitio de estudio, tomando en cuenta los asentamientos que se presentarán para cada una de las alternativas. Para realizar dicho análisis se deberá iniciar con la recopilación de información mediante la visita al lugar a intervenir, esto con la finalidad de identificar las zonas de toma de muestras para realizar un perfil estratigráfico idealizado, posterior a esto y una vez identificada la calidad del suelo se procederá a seleccionar cuatro alternativas de soluciones geotécnicas para cimentaciones que se acoplen a las necesidades de la infraestructura a edificar y la factibilidad para el desarrollo de las mismas, estas alternativas serán modeladas en el software Settle3, este programa posee gran capacidad de modelación y análisis por lo que se utiliza para realizar la simulación del comportamiento de sistemas de soluciones geotécnicas para cimentaciones. Posterior a la modelación y determinación del tiempo de consolidación del terreno bajo cada posible sistema geotécnico para cimentaciones se determinará la relación costo versus tiempo para industrias pequeñas, medianas y grandes mediante un análisis económico que pueda guiar al empresario a tomar una decisión que pueda beneficiarlo respecto a la inversión que realizará de acuerdo a cada nivel de industria.

Palabras Claves: Soluciones geotécnicas, Cimentaciones, Naves industriales, Asentamientos, Modelación, Consolidación, Análisis económico.

ABSTRACT

This degree work is developed with the purpose of analyzing alternatives that can be applied as geotechnical solutions for foundations of structures such as industrial buildings, located in the Yaguachi canton, province of Guayas, for this purpose the characteristics of the soil present in the study site should be analyzed, taking into account the settlements that will be presented for each of the alternatives. In order to carry out this analysis, the first step will be to gather information by visiting the site to intervene, with the purpose of identifying the areas to take samples in order to make an idealized stratigraphic profile. After this, and once the soil quality has been identified, four alternative geotechnical solutions will be selected for foundations that meet the needs of the infrastructure to be built and the feasibility for the development of the same, these alternatives will be modeled in the Settle3 software, this program has great capacity for modeling and analysis and is used to simulate the behavior of geotechnical solutions systems for foundations. After the modeling and determination of the ground consolidation time under each possible geotechnical system for foundations, the cost versus time ratio for small, medium and large industries will be determined through an economic analysis that can guide the businessman to make a decision that can benefit him regarding the investment to be made according to each level of industry.

Keywords: Geotechnical solutions, Foundations, Idustrial buildings, Settlements, Modeling, Consolidation, Economic analysis.

INTRODUCCIÓN

Seleccionar la mejor opción en cuanto a soluciones geotécnicas representa un factor fundamental para la estabilidad y funcionalidad de cimentaciones en estructuras de tipo naves industriales, especialmente en regiones que poseen condiciones del subsuelo adversas. Las naves industriales, debido a sus características y necesidades operativas, requieren exigencias particulares sobre el comportamiento del terreno, esto hace que se requiera de una evaluación detallada de sus propiedades geotécnicas y del desempeño de las alternativas se soluciones disponibles.

El cantón Yaguachi, en la provincia del Guayas, se caracteriza por desarrollar un proceso acelerado de industrialización, debido a que se ha visto impulsado por iniciativas como el Parque Industrial de Acopio y Distribución (PIADY). Sin embargo, los suelos predominantes en la zona suelen ser blandos y compresibles, esto presenta desafíos técnicos que deben resolverse con soluciones de cimentación que integren viabilidad técnica, económica y tiempo de ejecución.

Bajo estas observaciones, el presente estudio tiene como finalidad desarrollar el análisis comparativo de cuatro alternativas de soluciones geotécnicas que puedan ser aplicadas al diseño de cimentaciones para estructuras industriales, para este efecto se deberá utilizar el software especializado Settle3 el cual simula el comportamiento del terreno bajo condiciones de cargas representativas.

Las alternativas que se deberán implementar han sido seleccionadas por ser las más utilizadas en proyectos similares en la región, debido a que ofrecen una solución para mitigar los asentamientos durante atapa de servicio. Las alternativas seleccionadas incluyen: precarga, sobrecarga, precarga con drenes verticales y pilotes. Cada opción se evaluará basándose en criterios de asentamiento, tiempo de consolidación y costo estimado de ejecución.

A través de este análisis, se busca brindar una herramienta de apoyo técnico-decisional para proyectistas, constructores e inversionistas que desarrollen obras en esta región, aportando con criterios sólidos para la elección de la solución más adecuada en función del tipo de industria y sus restricciones operativas.

Antecedentes

Debido al crecimiento del país, se han desarrollado diversos puntos de concentración industrial estos se encargan de albergar diferentes empresas que se dedican a la manufactura de productos de diversa índole, se tienen parques industriales en diferentes ciudades del país que representan áreas de desarrollo comercial, los ejemplos más notables son el Parque Industrial de Ambato (PIA), que en la actualidad alberga a más de 100 empresas de diferente índole, y para marzo del 2022 se consolidaba como el motor comercial e industrial del Ecuador, la Plaza Industrial Durán, La cual consta de un espacio de 220 hectáreas en el que se podrían instalar hasta 400 empresas.

El Parque industrial de Cuenca, de 77,5 hectáreas ubicado al norte de la ciudad, desde allí se producen diferentes productos como electrodomésticos, materiales de construcción y alimentos en sus 112 lotes, el Parque industrial Quito (PIQ) localizado en el distrito Metropolitano en la ciudad de Itulcachi, en el Km 4,8 de la vía Pifo – Pintag, el Parque industrial de Acopio y Distribución Yaguachi (PIADY) ubicado a 1.5 Km de Durán con un área de 200,4 hectáreas y con una localización estratégica al ubicarse cerca de las principales arterias viales que atraviesan la región, lo que permite optimizar sus operaciones logísticas.

Debido a esta constante demanda de áreas en las que se puedan asentar nuevas industrias, se desea desarrollar el presente proyecto, con la finalidad de ser una guía práctica que encamine al empresario de cualquier escala, a tomar una decisión respecto al desarrollo de su proyecto, considerando factores como el tiempo, las alternativas de soluciones geotécnicas y la inversión económica inmersa en cada una de ellas.

Yaguachi ha sido reconocido por ser un cantón agrícola y ganadero, lo que ha permitido que muchas empresas involucradas con estas actividades, se asentaran e invirtieran en esta ciudad.

Por tal motivo, la economía local de este cantón permanecía liderada por el sector agrícola y ganadero hasta el 2015, ya que a partir del año 2016 la industria paso a tomar el primer lugar. Teniendo en cuenta que el cantón Guayaquil no puede seguir expandiéndose industrialmente y que la vía a Guayaquil sufre graves problemas de congestión vehicular en horas pico debido al transporte pesado. Yaguachi ha comenzado a industrializarse creando el Parque Industrial de Acopio y Distribución Yaguachi (PIADY), el cual cuenta con 220 hectáreas y se espera que se instalen unas 100 compañías.

Desde la creación del PIADY, el cantón Yaguachi ha impulsado esta iniciativa con beneficios como: 50 por ciento de descuento en impuesto predial, permiso de construcción y patente municipal con una duración de 5 años, todo esto para atraer inversores que edifiquen sus fábricas en el cantón.

Debido a esto muchas empresas se han trasladado a Yaguachi con el objetivo de desarrollar sus actividades, pero al tener un suelo favorable para el sector agrícola y ganadero, es indispensable realizar mejoras para construir de acuerdo a los requerimientos de cada proyecto, lo cual también dependerá de la economía y tiempo de espera que tenga cada empresa.

Objetivo general

Evaluar cuatro alternativas de soluciones geotécnicas mediante la utilización del software Settle3, para definir la solución óptima, desde el punto de vista económico y constructivo.

Objetivos específicos

- Procesar la información geotécnica obtenida para este sector del cantón Yaguachi.

- Determinar los asentamientos para la información geotécnica procesada en las cuatro alternativas.

- Evaluar los métodos constructivos que se pueden utilizar para mejorar las condiciones geotécnicas del sector en el cantón Yaguachi.

- Determinar el costo de los métodos que se puedan emplear para mejorar las condiciones del terreno.

- Proponer cimentaciones para estructuras tipo naves industriales, hasta de 5 ton/m² de descarga.

Alcance

En el presente trabajo se abarcará el ámbito experimental y analítico, se deberá realizar el análisis de columnas estratigráficas de varios terrenos con las cuales se determinará un modelo idealizado con valores generales promedios, del suelo que predomina en el cantón Yaguachi provincia del Guayas, esto para conocer la composición y calidad del estrato a intervenir, así como también la determinación de los asentamientos.

Con esta información se desea determinar 4 alternativas de soluciones geotécnicas para cimentaciones que se puedan aplicar en el cantón Yaguachi tomando en cuenta que se determinará un modelo idealizado con valores generales promedios del suelo que predomina en el cantón. Con la finalidad de realizar el modelamiento de cada una de las alternativas se utilizará un software especializado, para así calcular los asentamientos de cada alternativa aplicada y finalmente determinar el factor económico de cada alternativa realizando una comparativa de acuerdo a los ingresos de cada industria.

Metodología

Mediante la obtención de columnas estratigráficas proporcionadas por la empresa Geocimientos, se propondrá un modelo geotécnico idealizado para el cantón Yaguachi, se estimarán los asentamientos posibles tomando en consideración las recomendaciones de la NEC-SE-GC: Geotecnia y

Cimentaciones, una vez realizada la estimación de asentamientos, se propondrán 4 alternativas que puedan ser aplicadas en el cantón para mejorar el comportamiento de las estructuras en servicio localizadas en estos suelos sedimentarios. De acuerdo a las recomendaciones de la literatura científica en el estado del arte de la geotecnia, se analizará el método constructivo, se determinará un presupuesto y un estimado de duración para desarrollar cada alternativa.

Impacto esperado

Al finalizar el presente trabajo se espera aportar con una guía que pueda direccionar al empresario de cualquier nivel a tomar una decisión respecto al desarrollo de la solución geotécnica que más se acople a sus necesidades o a la selección de un determinado terreno, tomando en cuenta factores como el tiempo, el costo y la técnica utilizada para dicha solución, además se desea lograr la optimización de recursos y el correcto desarrollo de técnicas constructivas debido a la descripción de cada una de las alternativas de soluciones geotécnicas para cimentaciones.

1. CAPÍTULO I

1.1 Métodos de mejoramiento de suelos.

Los métodos para mejorar el suelo son necesarios para poder garantizar la seguridad, estabilidad y durabilidad de la estructura. Un suelo inadecuado puede ocasionar un grave peligro como puede ser: asentamientos irregulares, agrietamiento de cimientos, licuefacción, etc. Los primeros métodos empleados consistían en incrementar la capacidad portante o estabilizar suelos granulares, tiempo después se crearon métodos para suelos cohesivos.

Los métodos de mejora de suelo se han implementado desde hace mucho tiempo, es por ello que algunas de sus clasificaciones corresponden a granulometría, temporalidad, aplicación, etc. A continuación, mencionaremos algunas clasificaciones que se han realizado a lo largo de los años.

Ilustración 1

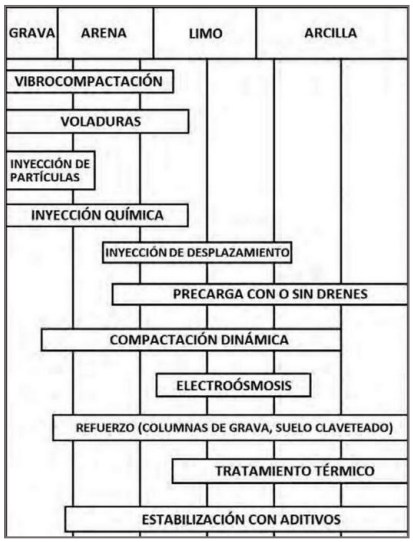
Mejoramiento de suelos con alto contenido de arcillas.

Fuente: (CALCINOR, 2020)

En la siguiente figura, se muestra una clasificación para la mejora del suelo según su granulometría. Mitchell (1981)

Ilustración 2

Aplicabilidad de las técnicas de mejora del terreno atendiendo a su granulometría.

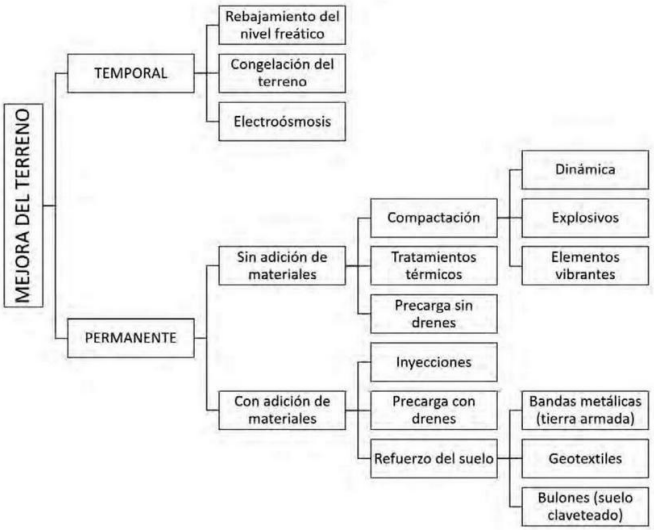


Fuente: (Mitchell, 1981)

En la siguiente figura, se muestra una clasificación de los métodos de mejorar el suelo según la temporalidad. Van Impe (1989).

Ilustración 3

Clasificación de las técnicas de mejora de terreno.



Fuente: (VAN IMPE, 1989)

En la siguiente tabla, se realizó la clasificación según refuerzo, mejora y tratamiento del suelo. Schaefer (1997).

Tabla 1

Métodos de mejora, refuerzo y tratamiento de terrenos

Refuerzo	Mejora	Tratamiento
Columnas de grava	Compactación dinámica	Mezcla con cemento
Jet-grouting	Precarga	Mezcla con cal
Anclaje	Drenaje	Cenizas volantes
Bulonado	Electroósmosis	Drenaje por vacío
Micropilotes	Compactación con explosivos	Calentamiento
Columnas de cal		Congelación
Columnas de suelo - cemento		Vitrificación
Geosintéticos		

Fuente: (Schaefer, 1997)

En la siguiente tabla, el comité técnico (TC-211) la Sociedad Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica (ISSMG) clasificó los métodos en cinco grupos:

Tabla 2

Clasificación de métodos de mejora del terreno según el Comité Técnico TC-211 del ISSMG

CATEGORÍA	MÉTODO
Mejora del terreno sin adiciones en suelos no cohesivos o materiales de relleno	Compactación dinámica
	Vibro compactación
	Compactación por explosivos
	Compactación por impulso eléctrico
	Compactación superficial (incluyendo la compactación dinámica rápida)
Mejora del terreno sin adiciones en suelos cohesivos	Sustitución/desplazamiento (incluyendo la reducción de carga mediante materiales ligeros)
	Precarga mediante relleno (incluyendo el empleo de drenes verticales)
	Precarga mediante vacío (incluye la combinación de relleno y vacío)
	Consolidación dinámica con drenaje mejorado (incluyendo el empleo de vacío)
	Electroósmosis o consolidación electro-

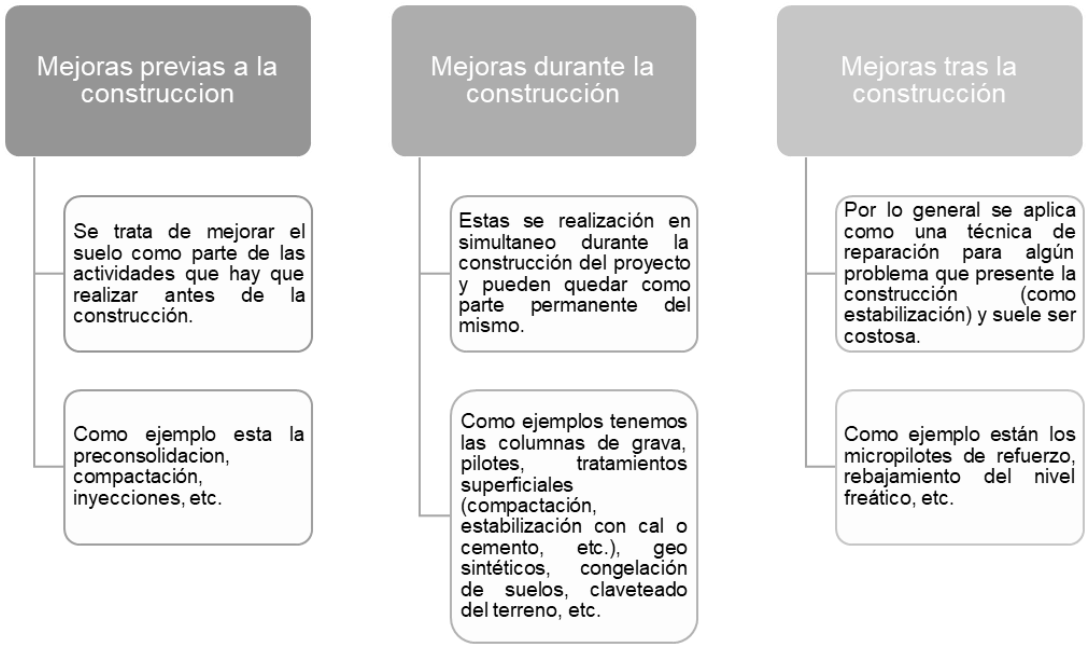
	cinética
	Estabilización térmica usando calentamiento o congelación
	Compactación por hidro voladura
Mejora del terreno con adiciones o inclusiones	Vibro sustitución o columnas de grava
	Sustitución dinámica
	Pilotes de arena compactada
	Columnas encapsuladas con geotextiles
	Las inclusiones rígidas
	Columnas reforzadas con geo sintéticos o rellenos pilotados
	Métodos microbianos
	Otros métodos
Mejora del terreno con adiciones tipo inyección	Inyección de partículas
	Inyección química
	Métodos de mezclado (incluyendo la mezcla previa y la estabilización profunda)
	Jet-grouting
	Inyecciones de compactación
	inyecciones de compensación
Refuerzo del terreno	Tierra reforzada con acero o geo sintéticos
	Anclajes al terreno o claveteado del terreno
	Métodos biológicos mediante vegetación

Fuente: (Chu et al., 2009).

Para finalizar, se debe mencionar la clasificación de Nicholson, la cual separa los métodos de acuerdo a la fase en la que se encuentra la construcción.

Ilustración 4

Métodos de mejora y modificación del suelo



Fuente: (NICHOLSON, 2015)

Aparte de las clasificaciones de los métodos, el Ministerio de Fomento de España en el 2002 determinó una guía para la aplicabilidad de los principales métodos de mejora de suelos.

Tabla 3

Campo de aplicación de las principales técnicas de mejora del terreno.

Técnica o tratamiento	**Terreno**		**Mejora De**			**Profundidad Eficaz Del Tratamiento**
	Granular	**Cohesivo**	**Resistencia**	**Deformabilidad**	**Permeabilidad**	
Sustitución del terreno	Cualquier suelo problemático (suelos blandos, arcillas expansivas, suelos colapsables)		Si	Si	Si	Moderada (normalmente menos de 3 metros)
Compactación con rodillo	Cualquier terreno no saturado		Si	Si	Si	Pequeña (normalmente menos de 1 metro)
Precargas	Si	Si	Si	Si	Si	Hasta varias decenas de metros
Mechas drenantes	No	Si	No	No	Si	Hasta varias decenas de metros
Vibración profunda	Si vibro flotación	Si vibro sustitución	Si	Si	No	Normalmente hasta 15 metros de profundidad
Compactación dinámica	Cualquier tipo		Si	Si	No	-
Inyecciones	Impregnación (leer nota)	No aplicable	Algo	Algo	Si	Hasta más de 100 metros
	Hidro fracturación: cualquier terreno		Algo	Si	Si	
	Desplazamiento: cualquier terreno		Si	Si	Si	
Jet-grouting	Cualquier tipo		si	si	Solo con columnas secantes	Normalmente menos de 20 metros
Columnas de grava	Cualquier tipo de suelo blanco		Si	Si	Si	Normalmente menos de 20 metros
Columnas de suelo cemento	Cualquier tipo de suelo blanco		Si	Si	No	Normalmente menos de 20 metros
Claveteado o cosido del terreno	Suelos de consistencia media o superior		Si	Si	No	Normalmente menos de 10 metros

Fuente: (Ministerio de Fomento, 2002)

Nota: la permeabilidad inicial del terreno que se necesita para impregnarlo, depende del producto inyectado:

- lechadas de cemento $K_{terreno} > 10^{-2}\ cm/s$
- lechadas de microcemento $K_{terreno} > 10^{-3}\ cm/s$
- geles y otros productos químicos $K_{terreno} > 10^{-4}\ cm/s$

1.2 Tipos de soluciones geotécnicas para cimentaciones.

Durante la ejecución de proyectos civiles es común que los suelos, en su estado natural, no posean las propiedades y características necesarias para realizar una correcta cimentación de la estructura que se desea desarrollar, es entonces cuando se debe optar por métodos geotécnicos para mejoramiento de suelos, esto con el fin de alterar las propiedades y características naturales del terreno con el objetivo de lograr una correcta cimentación de la estructura siempre en el marco de la normativa vigente.

Estos procesos de mejoramiento de suelos se efectúan con el objetivo de controlar los siguientes parámetros:

- Controlar las deformaciones
- Incrementar la capacidad de carga, fricción o corte
- Incrementar la densidad
- Acelerar la consolidación
- Disminuir la probabilidad de licuefacción

El desarrollo de métodos de mejoramiento de suelos inició en el siglo XVII y perdura hasta la actualidad, hoy en día los procesos de mejoramiento de suelos han simplificado los métodos de cimentación en el campo de la construcción.

Los métodos de mejoramiento de suelos se pueden dividir en cuatro grupos que corresponden a:

- Uso de aditivos
- Métodos mecánicos

- Sin uso de aditivos
- Métodos térmicos

1.2.1 Mejoramiento de suelos usando aditivos

El mejoramiento de suelos usando aditivos se refiere al conjunto de técnicas que son empleadas en la rama de la geotecnia y se basan en la incorporación de materiales en el suelo con la finalidad de modificar sus propiedades mecánicas y físicas, esto para favorecer su capacidad portante, resistencia, durabilidad y estabilidad.

Estos materiales (aditivos) pueden ser sintéticos o naturales y son incorporados al suelo con el objetivo de controlar la cohesión, humedad y plasticidad, entre otros parámetros.

Es común utilizar aditivos como la cal, el cemento, la bentonita polímeros y estabilizantes orgánicos y químicos.

La estabilización con cal se ha usado desde hace más de medio siglo y mejora notablemente la capacidad de carga, además mejora la resistencia a largo plazo, estabilidad y rigidez. Una vez que el suelo haya sido curado con cal, se pueden realizar construcciones de terraplenes, subrasantes de estructuras, etc., se requiere del 2% al 8% de cal para el tratamiento de suelos de grano grueso y del 5% al 8% para suelos de material fino.

Ilustración 5

Mejoramiento de suelos con cal

Fuente: (Regeneradores de suelo, 2018)

La estabilización con cemento se realiza mediante la mezcla del cemento con el propio material perteneciente al suelo del sitio del proyecto y agua, a esto se le llama suelo-cemento y es el resultado de la reacción química del cemento con los silicatos durante el proceso de hidratación.

Existen diversos factores que intervienen en la calidad del suelo-cemento como son el tipo de suelo, el curado, la compactación y el tipo de aditivo utilizado, el uso de este método se presenta en la estabilización de carreteras de poca profundidad y terraplenes además de la estabilización de suelos blandos de mayor profundidad.

Figura 1

Técnica de mejoramiento de suelo cemento

Fuente: (ARGOS, 2020)

1.2.2 Mejoramiento de suelos usando métodos mecánicos

El mejoramiento de suelos usando métodos mecánicos implica técnicas de ingeniería que alteran las características mecánicas y físicas del suelo por medio de procesos mecánicos, sin la necesidad de adicionar sustancias químicas o aditivos.

Estos métodos tienen como finalidad la modificación de la estructura del suelo para así mejorar su capacidad de carga, estabilidad y compactación.

Entre los métodos más utilizados se encuentra la compactación profunda por ejemplo el uso de pilas de inyección o martillos, la consolidación mediante

vibrocompactación, la inclusión de geosintéticos para reforzar el suelo, columnas de grava, micro pilotes, etc.

Estos métodos representan una mejora notable sobre todo en suelos blandos, suelos con alta plasticidad o con deficiente capacidad de carga, se utilizan en la construcción de cimientos, pavimentos y otras infraestructuras con el objetivo de mejorar las condiciones del terreno para que así logre soportar las cargas del proyecto.

Las columnas de grava fueron utilizadas por primera vez en Francia en 1830 pero no fue hasta 1950 cuando se extendió su uso por toda Europa, el objetivo de este método es disminuir la compresibilidad de los suelos blandos y sueltos, aumentar la resistencia reducir el potencial de licuefacción y acelerar el proceso de consolidación.

Por lo general este método se lo implementa en suelos con presencia de arcillas, limos y arenas limosas.

La vibrocompactación se encarga de reorganizar las partículas del suelo con el fin de aportarle mayor densidad al mismo, para esto se utilizan diferentes equipos, uno de ellos es el vibrador de profundidad, ideal para capas subterráneas, también el compactador y rodillo vibratorio, los cuales están limitados a unos pocos metros por debajo del suelo.

Un método de compactación muy eficiente es la combinación de la vibración con la saturación de agua mediante chorro, esto logra reorganizar la arena suelta en un estado más compacto. Este método logra reducir los asentamientos de cimientos, reduce el riesgo de licuefacción producto de la actividad sísmica y permite la construcción de rellenos granulares.

Ilustración 6

Método de mejoramiento por vibrocompactación

Fuente: (CeTeau, 2025)

1.2.3 Mejoramiento de suelos sin usar aditivos

El mejoramiento de suelos sin el uso de aditivos se refiere a las técnicas de ingeniería que desean lograr la mejora de las propiedades del suelo sin la intervención de productos o sustancias externas ya sean químicas o biológicas. Estas metodologías se fundamentan en la modificación mecánica y física del suelo con el objetivo de mejorar la capacidad de carga, compactación y estabilidad.

Entre los métodos más utilizados se encuentran la compactación dinámica, la retención de agua mediante drenajes, la compactación estática, el reforzamiento con geosintéticos y la precarga o precompresión.

Este tipo de métodos son utilizados cuando es necesario mejorar la respuesta estructural del suelo con la condición de no alterar su composición química, esta técnica es utilizada en terrenos no homogéneos o de baja resistencia con la finalidad de incrementar su densidad.

El tratamiento con drenes verticales tiene como objetivo acelerar la consolidación del suelo, aumentar la resistencia al corte y la capacidad de carga de los suelos de grano fino, proporcionando una distancia más corta para que el agua pueda viajar a través de los mismos, con esto se logra limitar el

asentamiento a largo plazo, Existen dos clases de drenes, drenes de arena y drenes verticales prefabricados (PDV).

El método de precarga o precompresión consiste en la aplicación de un terraplén, al colocar la carga sobre un suelo blando la presión del agua disminuye de forma gradual mientras la misma fluye en dirección vertical. Por lo general la carga es colocada en dos etapas, esto con la finalidad de no crear ningún problema de estabilidad.

Ilustración 7

Sistema de mejoramiento de suelos por precarga

Fuente: (GEOPIER, 2023)

1.2.4 Mejoramiento de suelos con métodos térmicos

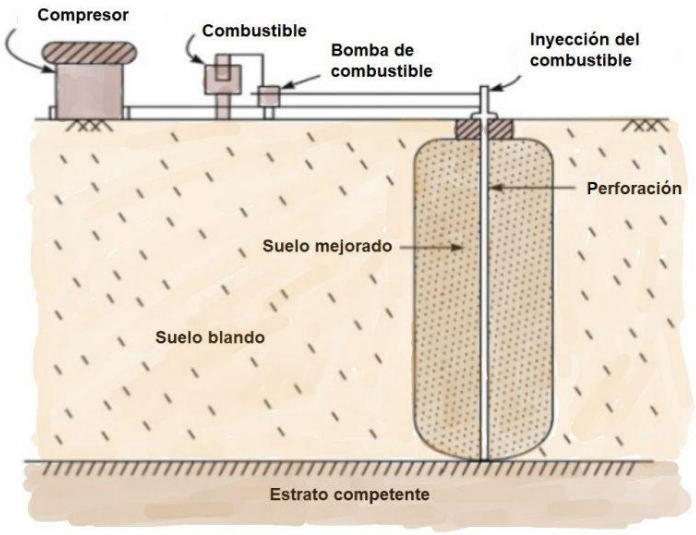
El mejoramiento de suelos mediante métodos térmicos se basa en diferentes técnicas de ingeniería geotécnica que emplean el cambio de temperatura con la finalidad de modificar las propiedades mecánicas y físicas del suelo a intervenir. Estos métodos se utilizan con el objetivo de alterar la estructura del suelo, reducir la plasticidad y aumentar su resistencia a través del cambio de temperatura. El calor puede cambiar la estructura de minerales, por ejemplo, la deshidratación de arcillas o la fusión de partículas que alteran la textura del suelo.

Entre los métodos más utilizados están la termocompresión, la cual utiliza presión y calor para lograr la compactación del suelo, la inyección de vapor o calor radiante y el congelamiento del suelo.

El método de aumento de temperatura en un suelo fino ocasiona el aumento de resistencia, reduce la repulsión eléctrica entre los granos del material, reduce el contenido de humedad debido al incremento de evaporación.

Ilustración 8

Mejoramiento de suelos mediante calentamiento



Fuente: (Yepes V. , 2018)

El congelamiento del suelo es un método muy poco utilizado, pero muy efectivo, consiste en la disminución de temperatura del suelo mediante la instalación de tuberías de doble pared en el suelo por las que se hace circular refrigerante a través de un circuito cerrado utilizando una planta de refrigeración para mantener la temperatura del refrigerante.

Se conoce que baja su permeabilidad y aumenta la resistencia al corte una vez que el agua que se localiza en los poros se congela. La aplicación más significativa de este método fue desarrollada en el suelo contaminado con radioactividad en la central nuclear de Fukushima Daiichi de Japón.

1.3 Soluciones geotécnicas para suelos blandos.

Los suelos blandos son terrenos que tienen como características principales la baja capacidad portante y compresibilidad alta, estos mismos factores hacen que el tratamiento de estos suelos sean un desafío dentro de la ingeniería geotécnica. Las propiedades de los materiales que componen estos suelos generalmente causan asentamientos diferenciales y grandes deformaciones en las estructuras desarrolladas sobre ellos, lo que puede poner en peligro la estabilidad y seguridad de dichas edificaciones.

Las soluciones geotécnicas para suelos blandos están desarrolladas con la finalidad de mejorar las características del terreno a tratar, incrementando su resistencia y disminuyendo los riesgos vinculados a su inestabilidad. Entre las técnicas más utilizadas están: el mejoramiento mediante compactación, la inyección de cimentaciones profundas, el uso de pilotes, y la estabilización química, entre otras. Estas soluciones permiten diseñar cimentaciones más seguras, que se adaptan a las condiciones puntuales del terreno, asegurando la calidad de las obras.

Ilustración 9

Terraplén sobre suelos blandos

Fuente: (LATERLITE, 2024)

1.3.1 Columnas de Grava

La ejecución de columnas de grava es una técnica utilizada para mejorar y reforzar suelos, esta se basa en la vibración profunda y se emplea tanto en obras civiles como en edificaciones, este método de mejoramiento de suelos se basa en el desplazamiento lateral del terreno mediante la incorporación de grava en el terreno para su posterior compactación. (Keller Group, 2025)

La solución geotécnica con columnas de grava se puede desarrollar de distintas maneras, entre los métodos más comunes están:

- Columnas de grava convencionales o vibrohincado: Este tipo de columnas se construyen utilizando un equipo especializado, el cual introduce una viga que vibra, en el terreno. Este proceso permite introducir material granular en el suelo con el objetivo de disminuir la compresibilidad del terreno e incrementar sus propiedades de carga, mayormente en suelos blandos.

- Columnas de grava por vibrosustitución (vía húmeda): Esta técnica incrementa la capacidad portante, disminuye los asentamientos y elimina o reduce el potencial de licuación por sismos. A diferencia del vibrodesplazamiento, la alimentación de grava se realiza por arriba y se utiliza el agua a presión para facilitar la introducción del vibrador en el terreno. Por tanto, a este procedimiento también se le denomina columna de gravas por vía húmeda. (Yepes V. , Universitat Politécnica de Valencia, 2021)

- Columnas de grava por vibrodesplazamiento: El proceso es realizado sin la utilización de agua. La columna de grava es introducida mediante vibración, la misma que desplaza el suelo y permite introducir grava compactada. Es recomendable utilizar este método en suelos un poco más firmes y no tan cohesivos.

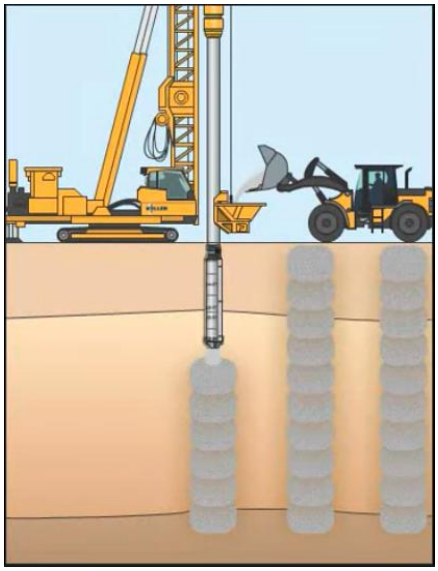
- Columnas de grava compactadas: El proceso se desarrolla al insertar material granular en el terreno para posteriormente realizar la compactación de forma mecánica, con esto se busca mejorar la capacidad de carga y se reduce la compresibilidad del terreno. Se utiliza

principalmente en áreas donde la compactación es extremadamente necesaria para garantizar la estabilidad del terreno.

- Columnas de grava encamisadas: Este tipo de columnas de grava se caracterizan por estar rodeadas por una capa de material de refuerzo, esta puede ser de malla o tubería, cuyo objetivo es contener el material de relleno y evitar su desplazamiento, proporcionando una mayor estabilidad durante la instalación, además, puede ayudar a mejorar su interacción respecto el suelo que la rodea.

Ilustración 10

Proceso constructivo de columnas de grava



Fuente: (Keller Group, 2025)

1.3.2 Terraplén sobre pilotes

Este sistema de solución geotécnica para cimentaciones se logra mediante la acción combinada de elementos de elementos de carga vertical, como son los pilotes y geomallas.

Las geomallas forman un arco entre los pilotes que logra estabilizar el suelo de forma eficiente, este método es ideal para la rápida construcción de

terraplenes al asegurar una menor transmisión de cargas eliminando la necesidad de pilotes inclinados perimetrales. (HUESKER, 2021)

Ilustración 11

Terraplén sobre pilotes

Fuente: (HUESKER, 2021)

Como principal ventaja se conoce que los pilotes actúan como elementos que reducen los asentamientos al incrementar la rigidez de la masa de suelo débil y el exceso de la presión de poros es disipada de manera acelerada en el suelo blando mientras las cargas son transferidas.

Estas cimentaciones se pueden clasificar según el tipo de soporte proporcionado por los pilotes y según el uso de geosintéticos o técnicas de refuerzo.

Clasificación de acuerdo al tipo de soporte proporcionado por los pilotes:

- Pilotes completamente flotantes o embebidos: Soportan una parte del peso del terraplén y el resto del peso se transfiere al suelo subyacente mediante la consolidación.
- Pilotes completamente cargados (load-carrying piles): Soportan prácticamente todo el peso del terraplén, se los emplea para evitar el asentamiento del terreno blando y en ocasiones el suelo entre pilotes es eliminado al no tener participación estructural.

Clasificación según el uso de geosintéticos o técnicas de refuerzo:

- Terraplén sobre pilotes sin refuerzo geosintético: Se apoya directamente sobre una rejilla de pilotes o cabezales.
- Terraplén sobre pilotes con refuerzo geosintético (piled embankment with geosynthetic reinforcement): Se coloca una malla o geomalla sobre los pilotes para distribuir cargas, con esto se mejora la eficiencia estructural y se reduce el número de pilotes necesarios.

1.3.3 Columnas de suelo estabilizado

Las columnas de suelo estabilizado son un método geotécnico que se utiliza con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas de los suelos blandos como arcillas o limos, los cuales no poseen la suficiente capacidad de carga.

Este método consiste en la elaboración de columnas verticales dentro del suelo mediante la inyección de una mezcla de cemento o materiales estabilizantes generalmente con una perforación previa.

Las columnas estabilizantes se desempeñan como elementos de reforzamiento del suelo, aumentando la rigidez y capacidad portante del terreno, también mejoran la capacidad de drenaje del suelo y esto ayuda a reducir los asentamientos.

El proceso consiste en realizar una perforación en el suelo para luego inyectar la mezcla estabilizante ya sea con cemento o cal de acuerdo a la necesidad y finalmente realizar la compactación de la columna para lograr su máxima resistencia.

Estas cimentaciones se pueden clasificar según el método de ejecución, según la forma y disposición de las columnas, según el tipo de equipo utilizado y según el tipo de aglutinante utilizado.

Clasificación de acuerdo al método de ejecución:

- Mezcla mecánica en húmedo (Wet Mixing): Se inyecta lechada de cemento u otro aglutinante mientras se mezcla el suelo, este método es utilizado en suelos granulares o con contenido de agua elevado.
- Mezcla mecánica en seco (Dry Mixing): Se inyecta material seco (generalmente cal o cemento en polvo), se utiliza de forma frecuente en suelos orgánicos o con humedad media-alta pero no saturados.

Clasificación de acuerdo la forma y disposición de las columnas:

- Columnas aisladas: se refiere a columnas separadas que trabajan de forma individual, estas son usadas para soporte puntual o mejora localizada.
- Columnas en grupos o en red (enrejado): Estas son columnas dispuestas en mallas regulares para mejorar grandes áreas, son usadas para reducir asentamientos o aumentar capacidad portante general.

Clasificación de acuerdo al tipo de equipo utilizado:

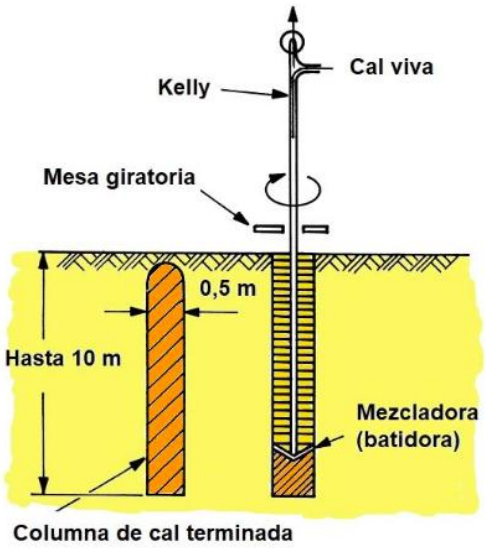
- Un solo eje (single-auger): En este método interviene un solo cabezal de mezcla, es utilizado para columnas de pequeño diámetro.
- Doble o triple eje (twin/triple auger): Este método provee una mayor capacidad de mezcla y uniformidad, además permite formar columnas de mayor diámetro y profundidad.

Clasificación de acuerdo al tipo de aglutinante utilizado:

- Cemento Portland.
- Cal.
- Mezclas de cemento/cal.
- Cenizas volantes (en combinación).
- Escorias o aditivos especiales (en aplicaciones ambientales o sostenibles).

Ilustración 12

Proceso constructivo de las columnas de cal.



Fuente: (Yepes, 2021)

1.3.4 Remoción parcial o total

Esta solución geotécnica es utilizada cuando el suelo de la superficie no es adecuado para soportar las cargas de la estructura o cuando posee cualidades que lo hacen inestable, como suelos blandos o de alta compresibilidad.

En este método se procede a retirar una porción del suelo blando o defectuoso ya sea de forma parcial o en su totalidad para reemplazarlo con un material que se adapte a las necesidades de la estructura que se desea construir, generalmente se lo reemplaza con material granular o material estabilizado que tenga mejores características de resistencia y compresión.

El proceso de mejoramiento de suelo consiste en identificar la zona a tratar, retirar el material inadecuado hasta alcanzar una capa de mejor calidad rellenar el espacio con un material de mejor calidad y finalmente compactar hasta conseguir la estabilidad necesaria.

Ilustración 13

Proceso de remoción de suelo deficiente.

Fuente: (CDT, 2024)

Estas cimentaciones se pueden clasificar de acuerdo al grado de remoción, el tipo de material de reemplazo o el tipo de cimentación que se construye encima.

Clasificación de acuerdo al grado de remoción:

- Remoción total: Se excava por completo el estrato débil hasta alcanzar un suelo competente.
- Remoción parcial: Solo se remueve una parte del estrato blando, dejando parte del suelo original.
- Remoción selectiva: Solo se retiran zonas específicas de suelo débil (por ejemplo, inclusiones de materia orgánica).

Clasificación de acuerdo al tipo de material de reemplazo:

- Grava o grava-arena compactada: Mejora drenaje y capacidad portante.
- Arena compactada: Usada cuando se necesita buen comportamiento drenante.
- Suelo estabilizado (con cal o cemento): Mejora mecánica y química del suelo existente.

- Material granular seleccionado: Para lograr control de asentamientos.
- Concreto ciclópeo o suelo-cemento: En cimentaciones superficiales con alta carga.

Clasificación de acuerdo al tipo de cimentación que se construye encima:

- Cimentación superficial: como zapatas corridas o aisladas.
- Plataformas para terraplenes o estructuras provisionales.
- Cimentaciones de muros de contención o tanques.

1.3.5 Consolidación por vacío

La consolidación por vacío se logra mediante la reducción de presión del agua localizada en el subsuelo mediante el bombeo y aplicación del vacío parcial en sus estratos más cercanos a la superficie del terreno, con esto se desea lograr la eliminación parcial del agua presente en la masa de suelo.

Dentro de las características que presenta este método de solución geotécnica se encuentran que la consolidación de las capas del subsuelo se genera debido al vacío que se propaga a lo largo de los drenes verticales. También se conoce que con el método de precarga con vacío se logra consolidar esencialmente la profundidad del suelo abarcada por los drenes al contrario de la precarga convencional, que ejerce influencia hasta estratos más profundos en función del área cargada en planta. (Norma López, 2016)

Este tipo de cimentaciones se pueden clasificar de acuerdo al sistema de aplicación del vacío, el uso combinado con otras técnicas y el esquema de instalación de los drenes verticales.

Clasificación de acuerdo al sistema de aplicación del vacío:

- Sistema tradicional con membrana sellada: Se utiliza una membrana hermética (geomembrana) que cubre toda el área tratada. El vacío se aplica debajo de la membrana mediante una red de drenes.

- Sistema sin membrana (membrane-less): Corresponde a un sistema más moderno que aplica vacío directamente en los drenes verticales, reduciendo la necesidad de sellado superficial, presenta un menor costo, pero requiere condiciones especiales para su aplicación.

Clasificación de acuerdo al uso combinado con otras técnicas:

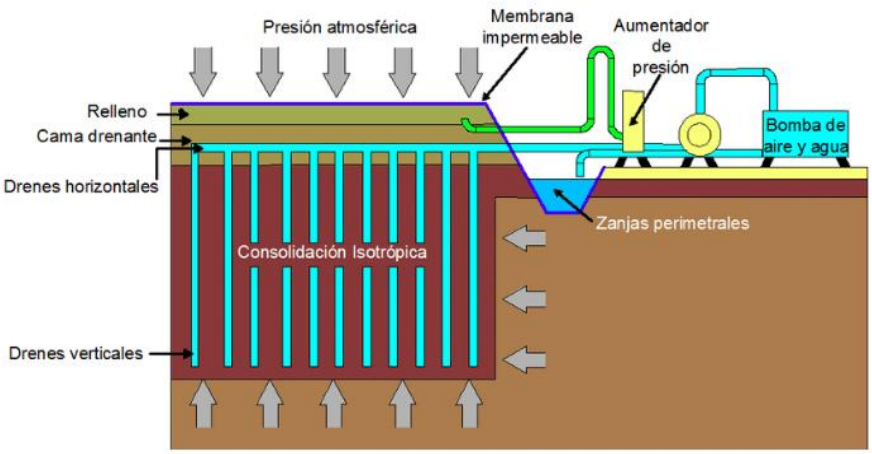
- Vacío combinado con precarga (relleno): Se aplica vacío junto con sobrecarga superficial para acelerar la consolidación.
- Vacío solo: En situaciones donde la carga adicional no es viable (por ejemplo, terrenos sensibles o restricciones de asentamiento).
- Vacío combinado con columnas de grava o drenaje vertical: Se combinan técnicas de mejoramiento de suelos, combinado drenes prefabricados o columnas de arena.

Clasificación de acuerdo al esquema de instalación de los drenes verticales.

- Patrón en cuadrícula.
- Patrón triangular o radial.

Ilustración 14

Esquema del proceso de consolidación por vacío.



Fuente: (López, 2014)

1.3.6 Pilotes

Antes de iniciar cualquier trabajo, se realiza un estudio geotécnico del terreno. Este estudio proporciona información sobre las características del suelo y las profundidades de las capas resistentes, lo que determinará el tipo de pilote necesario (pilote de concreto, pilote de acero, pilote de madera, etc.), su tamaño y la profundidad de la perforación.

Los pilotes se pueden clasificar de acuerdo al tipo de perforación realizada en el terreno, colocación de la armadura, vaciado del hormigón y material utilizado.

Clasificación de acuerdo al tipo de perforación realizada en el terreno.

- Pilotes perforados: Se perfora el terreno con una máquina perforadora (rotativa o de percusión) hasta alcanzar la profundidad deseada.
- Pilotes hincados: En este caso, no se perfora el terreno, sino que el pilote se hinca mediante golpes repetidos.
- Pilotes autoperforantes: Por lo general, el propio pilote perfora el terreno conforme se va instalando.
- Pilotes helicoidales: Se refiere a pilotes de acero que son instalados mediante un proceso de roscado, esto permite que el pilote se introduzca en el suelo como si se tratara de un tornillo.

Clasificación de acuerdo al tipo de armadura.

- Cascarón de acero: En ocasiones, se coloca una armadura de acero que previene el colapso del orificio al momento de la perforación.
- Refuerzo con malla o varilla de acero: Este refuerzo es fundamental para darle resistencia al concreto que se va a verter.

Clasificación de acuerdo al tipo de vaciado del hormigón.

- Concreto armado: Se vierte en el hueco creado para conformar el pilote.

- Concreto premezclado: Puede ser vertido de forma continua o en capas, dependiendo de la técnica empleada.

Clasificación de acuerdo al tipo de material utilizado

- Pilotes de concreto: Los más comunes en proyectos grandes. Pueden ser prefabricados o vertidos in situ.
- Pilotes de acero: Generalmente son implementados en terrenos donde el concreto no es la mejor opción, o en terrenos que necesitan pilotes más largos y delgados.
- Pilotes de madera: Esta clase de pilotes son ejecutados en suelos blandos o de poca profundidad y cargas reducidas.
- Pilotes compuestos: Son pilotes que presentan combinaciones de varias técnicas de instalación y materiales, esto se realiza con el objetivo de optimizar su capacidad de carga.

Otros

- Pilotes de inclusión rígida: Este tipo de pilotes con característicos por la rigidez que existe entre la unión del pilote con el suelo. Se diseñan con el objetivo de transmitir las cargas de forma eficiente no solo hacia la punta, sino también hacia el terreno circundante, esto provee la seguridad de que el pilote no se deforme fácilmente.
- Pilotes de inclusión flexible: Estos pilotes permiten un pequeño porcentaje de movimiento o deformación entre el pilote y el terreno que lo circunda, debido a que la unión entre el pilote y el suelo no es completamente rígida.
- Pilotes de fricción: Estos pilotes trabajan mediante la fricción que se genera entre la superficie del pilote y el suelo circundante, esto para lograr transmitir las cargas. Su capacidad de carga está ligada a la longitud del pilote y el tipo de suelo en el que está instalado.
- Pilotes de carga en punta: Este tipo de pilotes transmiten las cargas directamente a las capas más profundas del suelo mediante la punta del

pilote, a diferencia de los pilotes de fricción, que dependen de la fricción a lo largo de su longitud.

Ilustración 15

Pilotes

Fuente: (JH Soluciones Integrales, 2022)

1.3.7 Geodrenes

Los geodrenes son un tipo de geosintético utilizado en cimentaciones especiales y geotecnia, es una estructura de drenaje que se fabrica con distintos materiales, estos pueden ser sintéticos como: geotextiles o geocompuestos, y se utilizan para el control del flujo de agua en suelos.

Los geodrenes son colocados en el suelo o a nivel de la base de la estructura, con el objetivo de permitir que el agua drene y así eliminar paulatinamente acumulación de presión hidrostática. Se aplica mayoritariamente en áreas con alto contenido de agua o en proyectos de ingeniería civil donde se requiere un control adecuado de la misma. (Zuloaga, 2023)

Los geodrenes puede tener diferentes formas y configuraciones, como geodrenajes prefabricados en forma de tubos, paneles o mechas, también pueden ser geodrenajes hechos a medida, esto según los requerimientos del proyecto.

Además de su ser utilizado como drenaje, también actúa como filtro para evitar el taponamiento con partículas finas.

Los geodrenes pueden ser clasificados según el material según su disposición y diseño, según su aplicación o función geotécnica y según la forma del dren.

Clasificación de Geodrenes según el material:

- Geodrenes prefabricados (PVD - Prefabricated Vertical Drains): Este tipo de drenes también son conocidos como drenes tipo mecha, se configuran como un núcleo plástico (generalmente de polietileno) recubierto por un geotextil filtrante. Se utilizan generalmente en obras de mejora del terreno blando.

- Drenes de arena: Son columnas verticales de arena que se instalan mediante un proceso de perforación o desplazamiento del terreno existente, hoy en día son los menos utilizados debido a su mayor costo y menor eficiencia comparada con los PVD.

- Drenes de grava o columnas de grava: Son similares a los de arena, pero se utiliza un material granular más grueso, se los utiliza cuando se el proyecto requiere de mayor capacidad de drenaje o soporte.

Clasificación según su disposición y diseño:

- Verticales: La forma más común debido a su eficiencia, permiten evacuar el agua de poro hacia la superficie.

- Horizontales: Son menos comunes respecto a su aplicación se usan en combinación con rellenos o drenajes superficiales, se aplican generalmente en taludes o capas de subdrenaje.

Clasificación según su aplicación o función geotécnica:

- Mejora del suelo blando (consolidación acelerada): Se aplican junto con precargas para acelerar la consolidación del terreno a intervenir.

- Estabilidad de taludes: Reducen presiones de poro y aumentan la estabilidad del talud.

- Control de presión de poro en estructuras enterradas: por ejemplo, en muros de contención o estructuras hidráulicas.

  Clasificación según la forma del dren:

- Rectangulares o tipo cinta: Comúnmente en PVD, sus dimensiones más comunes son 100 mm de ancho y 4-5 mm de espesor.

- Cilíndricos: Generalmente se implementan en drenajes horizontales.

Ventajas de los Geodrenes

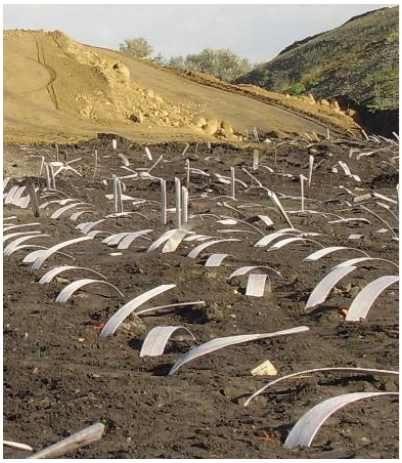
- Reducción del tiempo de consolidación: Los geodrenes son utilizados para reducir el tiempo de consolidación del suelo para iniciar con la construcción ya que permiten que el suelo se estabilice de forma más eficiente.

- Mejora de la capacidad de carga del terreno: Al eliminar el agua del suelo y permitir su compactación, se aumenta su resistencia.

- Solución económica y eficiente: En terrenos blandos, los geodrenes son más rápidos y económicos que otras soluciones como los pilotes o las excavaciones masivas.

Ilustración 16

Geodrenes



Fuente: (GEO Polimeros, 2023)

1.3.8 Micropilotes

Los micropilotes son pilotes de diámetro reducido, normalmente de 80 a 300 mm, estos se componen por una barra, un tubo de acero o una armadura de acero que constituye el núcleo portante, el cual se recubre normalmente de lechada de cemento que forma el bulbo. Esta inyección es necesaria ya que favorece el trabajo por rozamiento lateral.

También se identifican como micropilotes aquellos elementos hincados mediante goles o vibración, que presentan un no mayor que 150 mm. El inicio de los micropilotes se origina en los años cincuenta con los pilotes-raíz, con la finalidad de solucionar los problemas de recalces de edificios o estructuras. Se trataba de perforaciones de diámetro pequeño, igual o menor a 3 pulgadas, en el que se introducía una armadura de acero redonda y se inyectaba lechada de cemento.

Actualmente, los micropilotes presentan un diámetro mayor, que oscila entre los 100 y 150 mm, e incorporan una armadura. Este tipo de cimentación permite alcanzar altas capacidades de carga, normalmente entre 100 y 150 kN, tanto a la tracción como a la compresión.

Una de las características más representativas de este método y a la vez una de las ventajas más notables es la de no requerir grandes volúmenes de excavación del terreno. El uso de micropilotes es necesario cuando existen cargas dispersas de poca importancia, terrenos de material heterogéneo, difícil ejecución en espacios reducidos, restricciones en altura, o zonas congestionadas. (Yepes V. , Universitat Politècnica de València, 2019).

Los micropilotes pueden ser clasificados según el método de instalación e inyección, el diámetro, el tipo de armadura y la técnica de perforación.

Clasificación según el método de instalación e inyección:

Esta es la clasificación más usada a nivel técnico y normativo, según la norma UNE-EN 14199 y normas similares.

- Tipo A: Inyección por gravedad, se realiza una sola inyección al instalar el micropilote, este método se utiliza generalmente en terrenos granulares.

- Tipo B: Inyección a presión controlada, se caracteriza por tener mayor penetración y contacto con el terreno.

- Tipo C: Inyección secuencial, se realiza una inyección por fases con alta presión, que permite mayor expansión y resistencia, este método es comúnmente utilizado en terrenos difíciles o heterogéneos.

Clasificación según el diámetro:

- Micropilotes < 300 mm.

- Minipilotes < 150 mm (uso menos común como término técnico formal).

Clasificación según el tipo de armadura:

- Barra única: Corresponde a una barra de acero central por lo general de textura corrugada o roscada, mayormente utilizada en diámetros reducidos.

- Tubo de acero: Generalmente utilizado cuando se requiere mayor capacidad estructural o para perforaciones con entubado.

- Jaula de armadura: Usada en casos donde se requiere alta flexibilidad estructural o cargas laterales.

Clasificación según la técnica de perforación:

- Rotación simple: Perforación con tricono o broca.

- Rotopercusión: Este método se lo utiliza comúnmente en terrenos duros o rocosos y combina rotación con percusión.

- Con entubado: Requiere entubar provisionalmente para evitar colapsos del terreno.

- Con inyección simultánea: Se realiza mediante un tubo inyectado mientras se perfora, se utiliza por lo general en terrenos sueltos.

Ventajas de los Micropilotes

- Accesibilidad en espacios reducidos: Los micropilotes pueden ser instalados en lugares con poca área de trabajo, como en edificios existentes o locaciones de difícil acceso.
- Bajo impacto ambiental: La instalación de micropilotes presentan bajo impacto sobre el entorno, ya que necesita de poco espacio y genera residuos mínimos.
- Capacidad de carga: Tienen un excelente desempeño en proyectos de alta carga, como edificios, puentes, y estructuras pesadas.
- Flexibilidad en el diseño: Se pueden diseñar y adaptar a diversas condiciones de suelo y tipo de carga.
- Rapidez en la ejecución: Los micropilotes se instalan de manera muy rápida y necesitan menos tiempo de ejecución que otras soluciones de cimentación profunda.

Factores a Considerar

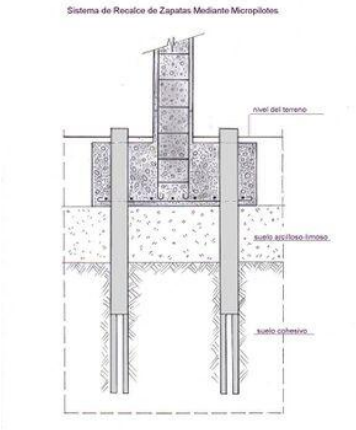
- Costo: Los micropilotes podrían presentar un costo más elevado que otras técnicas de cimentación, pero su capacidad de trabajar en condiciones difíciles lo compensan.
- Espacio limitado: Aunque pueden instalarse en espacios reducidos, es necesario tener un equipo especializado y personal con experiencia.
- Requerimientos de diseño: El diseño debe ser realizado con base en un buen estudio geotécnico y considerando las cargas que debe soportar el micropilote.

Tipos de Micropilotes

- Micropilotes de inyección: Se utiliza una mezcla de cemento y agua para formar una pasta que posteriormente se inyecta en el orificio perforado, compactando el terreno a su alrededor.
- Micropilotes de perforación: Se perfora el terreno y se introduce el acero de refuerzo y el concreto sin necesidad de inyección de lechada.

Figura 2

Micropilotes en recalces de edificios



Fuente: (Construmática, 2018)

1.3.9 Precarga

El método de precarga consiste en aplicar sobre el terreno una carga igual o superior a la que deberá soportar el mismo durante la etapa de servicio de la estructura que se proyecta edificar en él, con este método se espera lograr la consolidación del suelo, lo que resultará en que el terreno aumente su resistencia y disminuya los asentamientos producidos después de la construcción.

Este método está diseñado principalmente para suelos cohesivos blandos. Este tipo de suelos pueden presentar grandes asentamientos bajo sobrecargas pequeñas, con un incremento paulatino de estas deformaciones. También, al tener baja resistencia al corte, pueden producirse procesos de

rotura como: deslizamiento de terraplenes, hundimiento de cimentaciones superficiales, entre otros. (Yepes V. , Universitat Politècnica de València, 2016)

Antes de implementar la precarga, es necesario realizar un estudio geotécnico del terreno para evaluar las características del suelo, tales como:

- Capacidad de carga.
- Grado de compresibilidad.
- Profundidad de las capas blandas.
- Características del agua subterránea.

Con base en estos datos, se diseñará el sistema de precarga, que incluirá:

- La intensidad de la carga a aplicar sobre el terreno.
- La duración de la precarga.
- La distribución de la carga (puede ser uniforme o localizada).
- El tipo de material a utilizar en la carga (generalmente tierra o grava).
- El número de etapas (en algunos casos, la carga se aplica de manera progresiva).

El método de mejoramiento de suelos por precarga puede ser clasificado según el tipo de precarga, según el uso de elementos auxiliares o según el objetivo geotécnico.

Clasificación según el tipo de precarga:

- Precarga convencional o estática: Consiste en aplicar un relleno o carga adicional sobre el terreno, esta carga debe mantenerse durante un período suficiente para que se desarrolle la consolidación. Es la forma más sencilla y común.

- Precarga dinámica: Se aplica mediante cargas cíclicas o impactos (ej. golpeo de placas o cargas móviles) para acelerar el asentamiento. No es muy común y se utiliza en suelos granulares.

- Sobrecarga: Es similar a la carga convencional, pero se debe aplicar una carga mayor a la que realmente deberá soportar la cimentación, con la finalidad de inducir más consolidación y reducir asentamientos post-construcción.

- Precarga compensada: Se elimina parte del terreno mediante excavación, luego se debe reemplazar por una estructura ligera o carga equivalente, manteniendo el equilibrio de tensiones. Se utiliza generalmente en zonas que presentan riesgo de licuación o asentamientos diferenciales.

Clasificación según el uso de elementos:

- Precarga sin drenaje vertical: Solo se aplica la carga, y se debe esperar la consolidación natural del suelo, es un proceso lento.

- Precarga con drenes verticales, geodrenes: Se instalan geodrenes (PVD - Prefabricated Vertical Drains) con el objetico de acelerar la consolidación del terreno al reducir la distancia de drenaje.

- Precarga con vacío: Se utiliza una membrana hermética y un sistema de vacío que genera presión negativa con el objetivo de simular carga sin añadir peso.

- Precarga con vacío y drenes: Se realiza la combinación entre vacío y drenes verticales, es muy eficiente en cuanto al tiempo de ejecución y uniformidad de consolidación.

Clasificación según el objetivo geotécnico:

- Reducción de asentamientos: Se aplica con la finalidad de evitar asentamientos diferenciales en estructuras futuras.

- Aceleración de la consolidación: Se utiliza cuando se necesita evitar la espera de largos tiempos naturales de consolidación.
- Incremento de capacidad portante: Mejora del comportamiento del terreno frente a cargas futuras.
- Control de licuación: Esto principalmente para suelos saturados granulares en zonas sísmicas.

Desventajas o limitaciones

- Tiempo de consolidación largo: La precarga requiere de tiempo, especialmente en suelos muy blandos, lo que por lo general retrasar el inicio de la construcción.
- Espacio necesario: La precarga requiere de grandes cantidades de material, lo que puede presentar un problema en terrenos con poco espacio o en áreas urbanas.
- Dependencia de las condiciones del terreno: No es efectiva en todos los tipos de suelos, especialmente en suelos demasiado rocosos o con capas no consolidadas que impidan el asentamiento.

Factores a Considerar

- Profundidad del estrato blando: Lograr un resultado idóneo depende de la profundidad de las capas blandas. En suelos más profundos, la precarga suele no ser suficiente para consolidar el terreno en su totalidad.
- Condiciones ambientales: La temperatura y la humedad del ambiente pueden influir en el tiempo de consolidación y el comportamiento del terreno durante el proceso.
- Monitoreo constante: Es fundamental para asegurar que el proceso de precarga se realice de forma controlada y que el asentamiento sea homogéneo.

Ilustración 17

Precarga en la construcción del Muelle de Baleares en el Puerto de Tarragona.

Fuente: (Yepez, 2016)

1.4 Descripción de las alternativas de soluciones geotécnicas a utilizar.

Se han seleccionado 4 alternativas de soluciones geotécnicas que se implementarán en el desarrollo del presente estudio, estas alternativas han sido seleccionadas debido a que son técnicas viables dentro del entorno de la construcción ecuatoriana, tomando en cuenta la disponibilidad de equipos, materiales e inclusive empresas con larga trayectoria en la implementación de dichos métodos de soluciones geotécnicas.

Las alternativas de soluciones geotécnicas seleccionadas son:

- Pilotes
- Precarga
- Sobrecarga
- Precarga más geodrenes

1.4.1 Descripción del sistema de mejoramiento con pilotes

Antes de comenzar la construcción, se recomienda realizar un estudio geotécnico para conocer las características del terreno (como la profundidad de la capa resistente, el tipo de suelo, el nivel freático, etc.). Con esta información,

se define el tipo, la longitud y el diámetro del pilote, así como el número necesario para la cimentación de la estructura.

Una vez obtenido el diseño, se realiza la preparación del sitio, se debe iniciar con los trabajos de desbroce y nivelación, se debe limpiar por completo el área donde se van a instalar los pilotes, posteriormente se marcan los puntos exactos donde se ubicarán los pilotes, generalmente con un equipo topográfico para asegurar la alineación correcta.

El proceso puede tener variaciones de acuerdo al tipo de pilote y la técnica utilizada, pero en general, el procedimiento de hincado consiste en la selección del equipo que realizará el hincado propiamente dicho, se puede utilizar un martillo de percusión, una prensa hidráulica o un equipo de vibración.

El pilote, que será de hormigón armado se introduce en el suelo mediante el equipo seleccionado, en este caso el proceso se realiza de manera vertical y el equipo de hincado va aplicando golpes o vibraciones al pilote para que penetre en el terreno. Esto puede durar varias horas dependiendo de la resistencia del suelo.

Para el proceso de hincado puede ser necesario el uso de tubos de casing, los cuales son tubos que funcionan como guía, cuando el terreno superficial es demasiado blando o cuando se necesita evitar que el pilote se vaya a desplazar de forma lateral.

Mientras se realiza el proceso de hincado, se debe verificar que el pilote haya alcanzado la profundidad deseada o la capa resistente del terreno.

Existen diferentes métodos de verificación:

- Medición de la penetración: Se mide cuanto ha penetrado el pilote por cada golpe realizado por el martillo.
- Pruebas de carga: en ocasiones se realizan pruebas de carga en uno o varios pilotes para asegurar que la cimentación será suficiente para soportar las cargas previstas.

Una vez que el pilote se ha introducido por completo, se prepara la cabeza del mismo para su conexión con la superestructura. Dependiendo del diseño, la cabeza del pilote puede cortarse a una altura específica o colocarse un casquillo o viga de enlace, esto para unir todos los pilotes que forman parte de la cimentación.

Antes de dar por terminado el trabajo, se realizan algunas pruebas de carga, estas pueden ser estáticas o dinámicas, con la finalidad de confirmar que el pilote es capaz de soportar las cargas que se le asignaron en el diseño. Si alguna de las pruebas no presenta resultados favorables, se pueden hacer ajustes, como recalcular la cantidad de pilotes o sus dimensiones.

Una vez que ha sido completados todos los pilotes, se prosigue con la limpieza y nivelación del terreno, y se prepara la base para la construcción de la estructura sobre los pilotes.

Ventajas de los pilotes hincados:

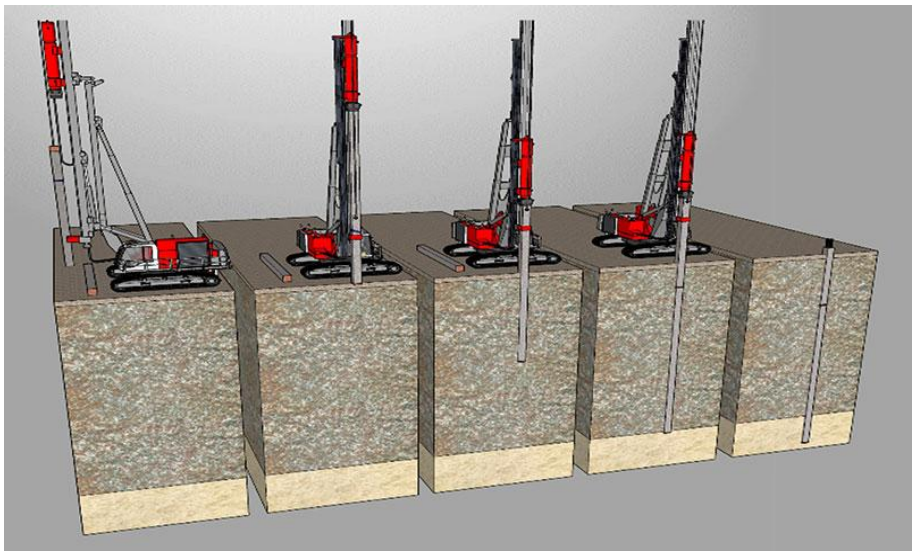
- Son muy útiles en terrenos con suelos blandos o poco resistentes.
- No requieren excavaciones grandes ni el uso de hormigón in situ, esto cuando se trabaja con pilotes prefabricados.
- La obra reduce su tiempo de ejecución, ya que los pilotes se hincan en lugar de ser perforados.
- Presenta menor impacto ambiental comparado con otros métodos de cimentación profunda.

Desventajas:

- Requiere un equipo especializado y maquinaria pesada.
- Podría presentar molestias al desarrollarse en áreas urbanas debido a que se genera ruido y vibraciones.
- La capacidad de carga de los pilotes está limitada por el tipo de terreno y el método de hincado.

Ilustración 18

Proceso de hincado de pilotes de hormigón



Fuente: (EASYCTE, 2022)

1.4.2 Descripción del sistema de mejoramiento con precarga y sobrecarga

La precarga consiste en aplicar al suelo una carga de igual magnitud a la que va a soportar cuando se encuentre en servicio la estructura que estará sobre él. En cambio, la sobrecarga es igual a la precarga solo que la carga que se aplicará debe ser mayor a la que soportará cuando la estructura se encuentre en servicio. Estos métodos se aplican en general en suelos cohesivos blandos, ya que estos sufren asentamientos considerables bajo cargas menores, además se considera que en este tipo de suelos los asentamientos son irreversibles casi en su totalidad, ya que, si las cargas aplicadas sobre el suelo son retiradas, el suelo no vuelve a su posición inicial y si se vuelve a poner la misma carga retirada los asentamientos serán nulos o muy pequeños y esto es lo que se quiere conseguir con la precarga o sobrecarga, consolidar el suelo ya que una vez se encuentre la estructura en servicio, sufra los menores asentamientos posibles.

Para la realización de estos métodos se necesita:

- Material pétreo, de preferencia material de préstamo importado
- Excavadora

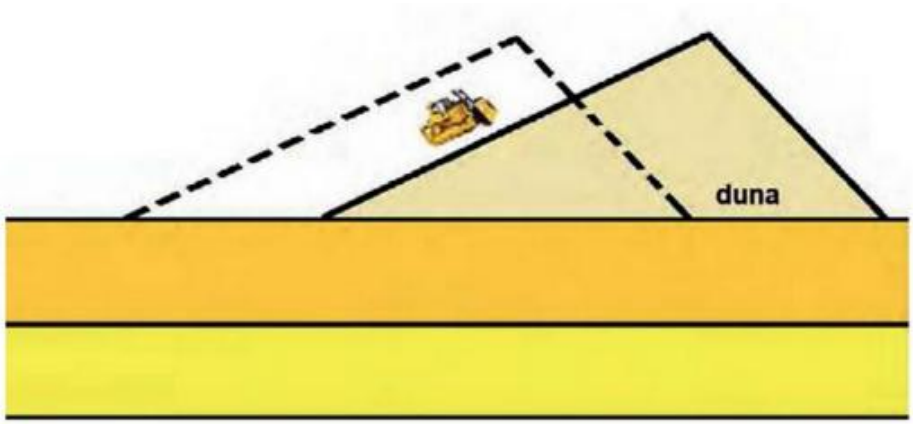
- Volqueta
- Tractor o retroexcavadora

Proceso constructivo

El proceso constructivo de estos métodos es algo sencillo, el material será explotado de una cantera o cerro, para lo cual se utilizará la excavadora, esta a su vez lo cargará y el material será transportado en volquetas al terreno donde se quiere realizar la precarga o sobrecarga, una vez colocado el material en el terreno, este será tendido por el tractor o retroexcavadora como se aprecia en la siguiente imagen, así se seguirá incrementando material hasta alcanzar la cantidad necesaria para hacer la precarga o sobrecarga, posteriormente se debe esperar un tiempo determinado (puede ser meses o años, todo depende de las características del suelo) hasta alcanzar el asentamiento requerido para poder retirar el material.

Ilustración 19

Proceso constructivo de terraplén para precarga



Fuente: (Yepes V. , 2018)

Cabe recalcar que es un proceso constructivo sencillo, por lo cual cada encargado puede realizarlo de la manera que más se acople al proyecto.

VENTAJAS

- Los costos son más bajos en comparación con otros métodos para mejorar el suelo.

- Los equipos que se utilizan se los encuentra fácilmente en el ámbito laboral.
- En lugar donde haya zonas sísmicas, menora el riesgo de licuefacción del suelo en suelos arenosos.

DESVENTAJAS

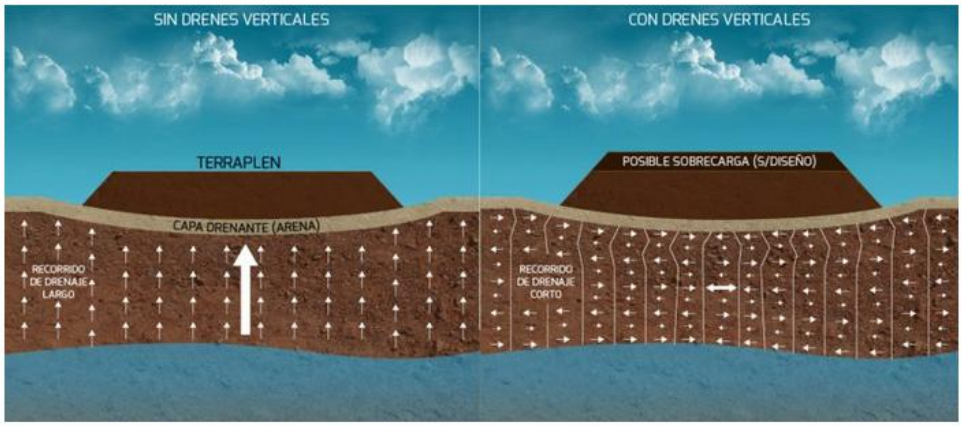
- La mayor desventaja es el tiempo, ya que se debe esperar un lapso determinado de tiempo para alcanzar el asentamiento deseado.
- El espacio es otra desventaja, ya que pueden existir lugares con estructuras adyacentes y esto requiere que se tomen las precauciones necesarias para que dichas estructuras no sufran de asentamientos.
- La ubicación es otra desventaja ya que en lugares transitados será más difícil y costoso dirigirse con las volquetas.

1.4.3 Descripción del sistema de mejoramiento con drenes verticales

Los drenes verticales son una técnica para mejorar las condiciones del suelo, esta técnica al igual que la precarga se ser utilizada en suelos blandos, consiste en recoger y evacuar el agua expulsada durante el proceso de consolidación del suelo lo cual hace que el tiempo de espera para alcanzar el asentamiento deseado sea mucho menor en comparación con la precarga o sobrecarga. Los drenes verticales reducen el trayecto del agua, puesto que estos generan también drenaje horizontal o radial como se aprecia en la siguiente figura.

Ilustración 20

Esquemas del drenaje.



Fuente: (Terratest, 2023)

Como se observa en la imagen el drenaje no solo ocurre verticalmente a través del dren, sino que también ocurre horizontalmente o radialmente hacia el dren, además se debe colocar entre el dren y la precarga un geotextil o una capa de arena, esta segunda opción es la más utilizada por su bajo costo y porque ayuda de la siguiente manera:

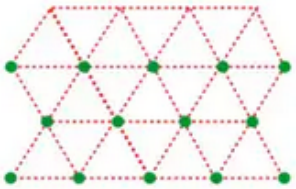
- Tener una mejor capacidad de drenaje dado que la arena se utiliza como un material filtrante lo cual permite que el agua drene más fácilmente, esto es importante en lugares donde el nivel freático es alto o donde exista riesgo de acumulación de agua.
- Al colocar la arena entre el dren y la precarga se obtiene una distribución uniforme de las cargas evitando así a los asentamientos desiguales.
- Evita que los drenes se vean comprometidos por la presión de la precarga haciendo que se reduzca la presión sobre la capa de drenaje.

Los drenes están distribuidos de manera uniforme y pueden colocarse de las siguientes maneras:

- Tresbolillo: Se basa en la colocación de los drenajes de manera triangular.

Ilustración 21

Drenes con disposición en tresbolillo

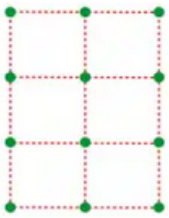


Fuente: (Agro Proyectos , 2022)

- Cuadricula: Se basa en la colocación de los drenajes de manera cuadrada.

Ilustración 22

Drenes con disposición en cuadrícula



Fuente: (Agro Proyectos , 2022)

El área que cubre cada distribución puede ser 1.5 – 2.5 metros cuadrados.

Los drenes verticales pueden ser:

- De arena hecho in situ.
- Prefabricados de arena.
- Drenes de mecha.

Drenes verticales de arena hechos in situ

El proceso general implica perforar el terreno a una profundidad determinada y, en lugar de usar tubos prefabricados se rellena la cavidad creada con arena o un material granular. Esta capa de arena permite que el agua drene de manera más eficiente, acelerando la consolidación del suelo y mejorando su capacidad de carga.

Drenes prefabricados de arena

Estos drenajes consisten en tubos o elementos prefabricados (usualmente de material geotextil) que están rellenos de arena o material granular, los cuales se insertan verticalmente en el suelo para evacuar el agua y acelerar el proceso de consolidación del terreno.

Drenes de mecha

Los drenes tipo mecha utilizan un material flexible en forma de mechas o hilos, que son ideales para drenar el agua de forma eficiente. Por lo general estas estructuras están hechas de material geotextil que tienen una estructura porosa, permitiendo que el agua atraviese las mismas mientras bloquean la entrada de partículas del suelo. El proyecto se enfocará en este tipo de dren ya que es el que se va a utilizar como método para mejorar el suelo en el terreno ubicado en Yaguachi.

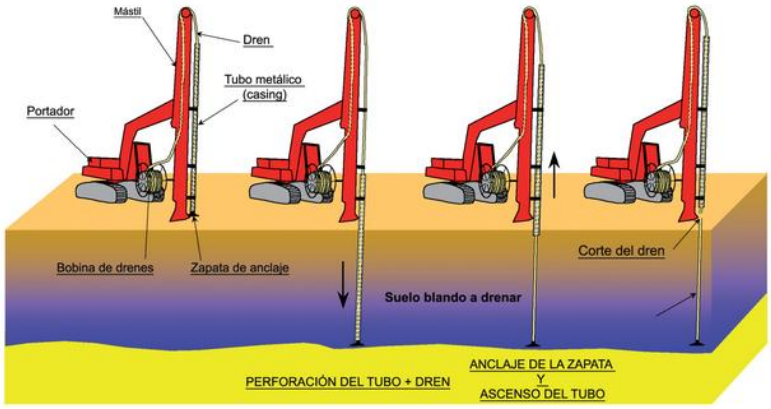
Proceso constructivo drenes de mecha

Se sitúa la maquina especializada (perforadora sonda) en el terreno, la cual hará un agujero a la profundidad deseada, cabe mencionar que con este tipo dren se puede llegar hasta 70 metros. Al momento de realizar el agujero el vástago se introduce con la mecha hasta llegar a la profundidad requerida, el agujero tendrá una medida de entre 5 y 10 centímetros dependiendo las características de la mecha. La colocación en su mayoría es vertical, aunque también se puede colocar de manera inclinada, esto depende de las características del suelo para un drenaje más eficiente. Después se extrae el vástago y se corta la mecha unos 30 centímetros por arriba de la superficie del terreno. Una vez que los drenajes de mecha están instalados, es importante

realizar pruebas para asegurarse de que el sistema de drenaje esté funcionando correctamente. Esto puede implicar el monitoreo de la cantidad de agua que se evacua a través de los drenajes y la verificación de la consolidación del suelo.

Ilustración 23

Proceso de colocación de mechas drenantes.



Fuente: (MENARD, 2025)

2. CAPITULO II

2.1 Descripción del caso de estudio

El presente estudio tiene como objetivo analizar las diferentes alternativas de soluciones geotécnicas para las cimentaciones de estructuras tipo naves industriales, específicamente ubicadas en el cantón Yaguachi, provincia del Guayas. Debido a que el terreno total en el que se desarrollará el proyecto abarca una hectárea, y la nave industrial ocupará media hectárea, es necesario seleccionar correctamente la mejor opción para el mejoramiento del terreno, con esto se desea garantizar la estabilidad y seguridad de la estructura. Este análisis considerará factores como las características del suelo, las cargas previstas y el factor económico para recomendar la solución más adecuada y eficiente.

Las alternativas seleccionadas fueron escogidas debido a que son las más comúnmente empleadas en la zona donde se desarrollará el proyecto.

Esto se debe a que dicha área presenta suelos blandos que requieren tratamientos específicos para garantizar la estabilidad de la estructura.

Además, en el sector existen empresas con la capacidad de implementar estas soluciones, ya que cuentan con la experiencia en el campo, el equipo necesario y están familiarizadas con los métodos constructivos requeridos.

2.1.1 Descripción de estratos presentes en el sitio de estudio

Tabla 4

Estratos presentes en el suelo a intervenir.

MODELO GEOTÉCNICO													
Estrato	Tipo de suelo	Profundidad	γ	ϕ	Su	OCR	e0	Cc	Cs	Cv	Cvr	Es	RELACION DE POISON
		(m)	(kN/m^3)	(°)	(kN/m^2)					(m^2/dia)	(m^2/dia)	(kPa)	
1	Arcilla / Limo	0.00 – 3.00	16.3	-	52.4	7.2	1.46	0.67	0.07	0.186	0.745	-	0.35
2	Arcilla / Limo	3.00 – 5.00	16.1	-	46.0	4.3	1.69	0.85	0.08	0.186	0.745	-	0.35
3	Arcilla / Limo	5.00 – 6.00	15.4	-	40.7	2.9	2.04	0.70	0.12	0.373	1.490	-	0.35
4	Arcilla / Limo	6.00 – 12.00	15.1	-	42.8	1.1	1.97	0.72	0.12	0.553	2.219	-	0.35
5	Arcilla / Limo	12.00 – 16.00	15.5	-	42.5	1.0	1.99	0.75	0.11	0.762	3.047	-	0.35
6	Arcilla / Limo	16.00 – 17.00	16.8	-	50.4	2.1	1.42	0.63	0.06	0.964	3.858	-	0.35
7	Arcilla / Limo	17.00 – 19.00	19.6	-	242.3	9.7	0.72	0.23	0.02	0.964	3.858	-	0.35
8	Arena	19.00 – 21.00	21.0	38	-	-	-	-	-			120000.000	0.30

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 24

Localización de los puntos de toma de muestras.

Fuente: Google Earth (n.d.)

2.1.2 Cálculo de la carga presente en el sitio.

Tabla 5

Cálculo de la carga presente en el sitio.

Tipo de carga	Espesor	γ	Carga
	m	(kN/m3)	(kN/m2)
Piso hormigon	0.2	24	4.8
Carga adicional			50
Material de prestamo importado	1	19.5	19.5
Total			74.3

Fuente: Elaboración propia

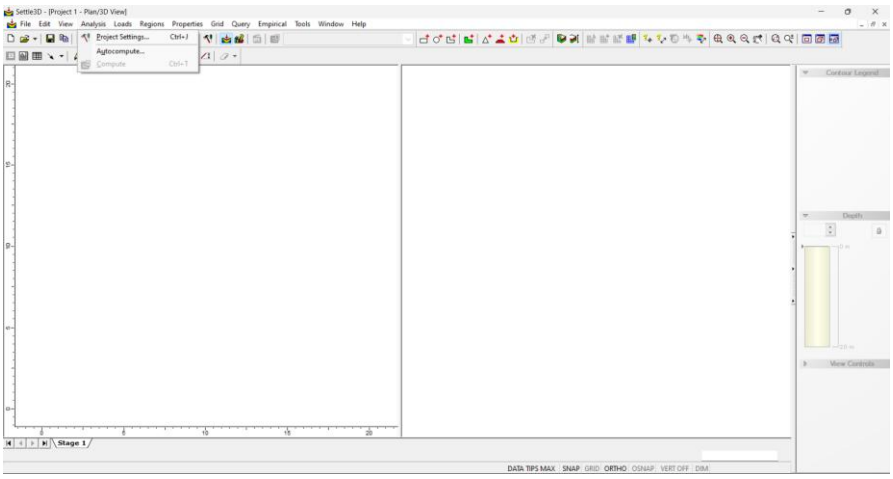
2.2 Elaboración paso a paso en software

Se utilizo el programa SETTLE 3D bajo la licencia de GEOCIMIENTOS, para calcular los asentamientos, a continuación, se explica cómo usar el programa paso a paso:

Se debe iniciar el programa y seleccionar análisis y la opción Project settings.

Ilustración 25

Selección de Project settins.

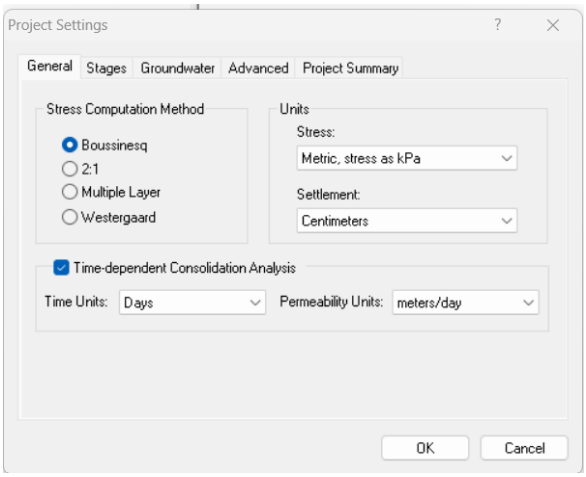


Fuente: Elaboración propia

Se abrirá la siguiente ventana donde se deberá configurar las unidades, métodos y análisis del programa.

Ilustración 26

Se colocan los parámetros de configuración.

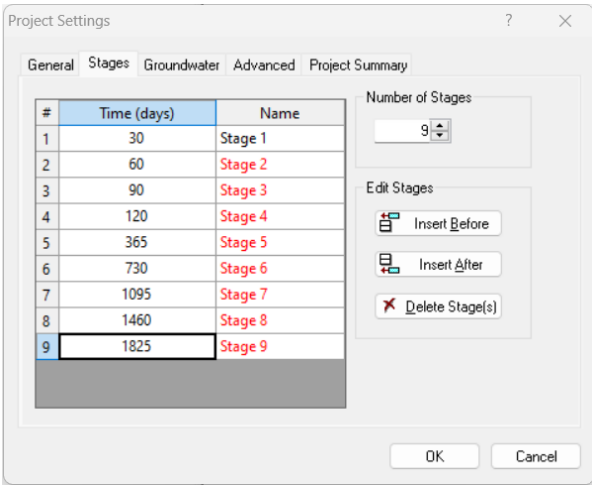


Fuente: Elaboración propia

En stages se deberá colocar el tiempo en el que se desea evaluar los asentamientos, para nuestro caso será para los siguientes días:

Ilustración 27

Estim*ación de días de asentamiento.*

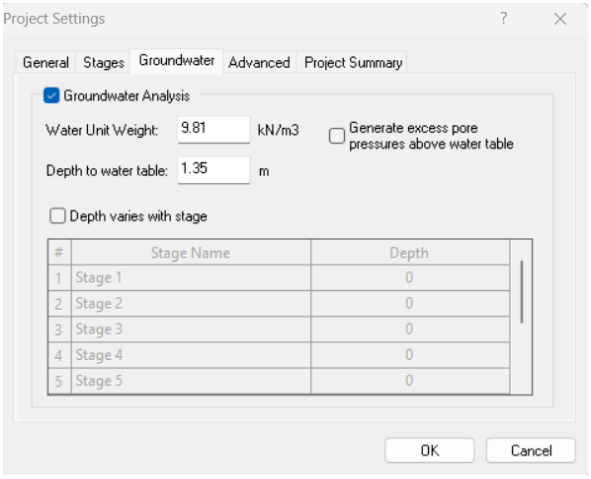


Fuente: Elaboración propia

En la opción groundwater se debe definir el peso específico del agua y el nivel freático.

Ilustración 28

Definición de parámetros del agua.

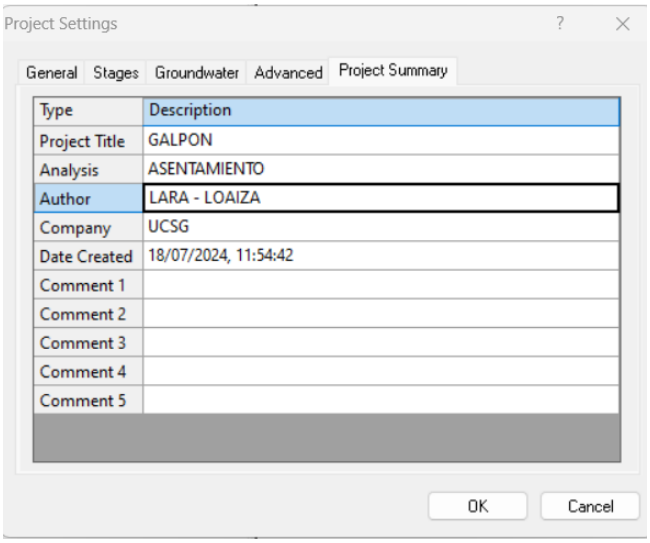


Fuente: Elaboración propia

En la opción Advanced no se deben modificar los parámetros generados por el programa en Project Summany se colocan los datos del proyecto

Ilustración 29

Colocación de datos del proyecto.

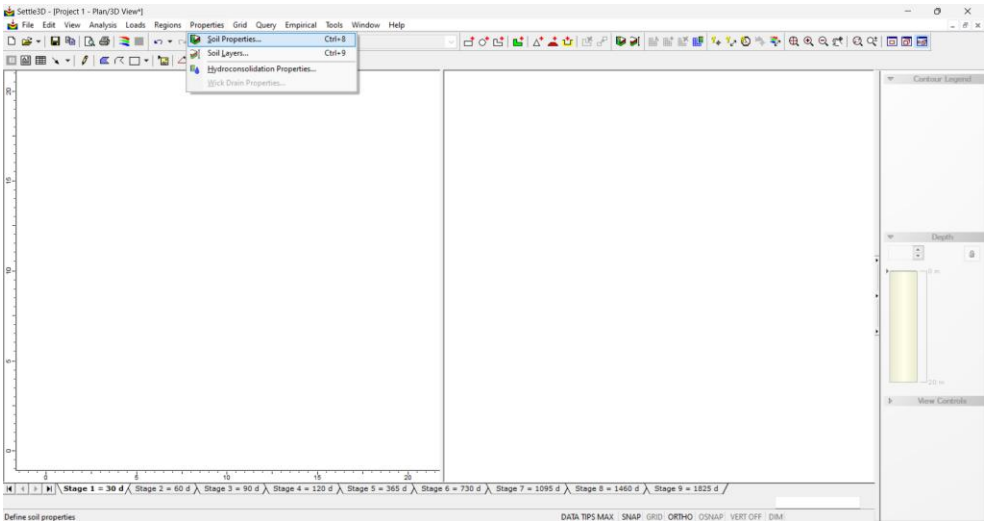


Fuente: Elaboración propia

En properties se debe seleccionar la opción “soil properties” para definir las características del suelo, las cuales se obtienen de nuestro perfil estratigráfico idealizado.

Ilustración 30

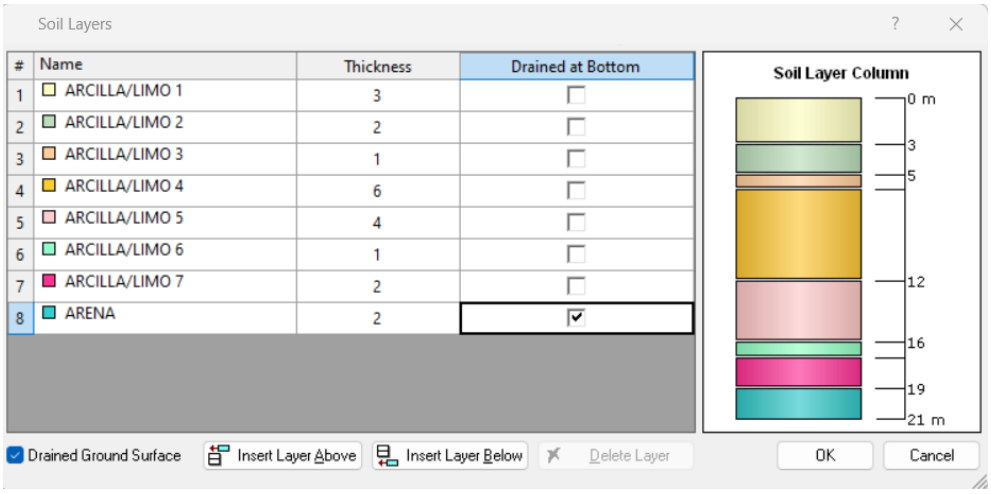
Determinación de propiedades del suelo.



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se deben colocar las alturas de los estratos, en properties – soil layers.

Ilustración 31 Colocación de alturas de estratos.



Fuente: Elaboración propia

El estrato de arena se coloca debido a que es un estrato drenante.

En este punto del proceso se deben guardar las modificaciones realizadas ya que ahora se debe proseguir con los cálculos de los asentamientos para las siguientes 4 condiciones:

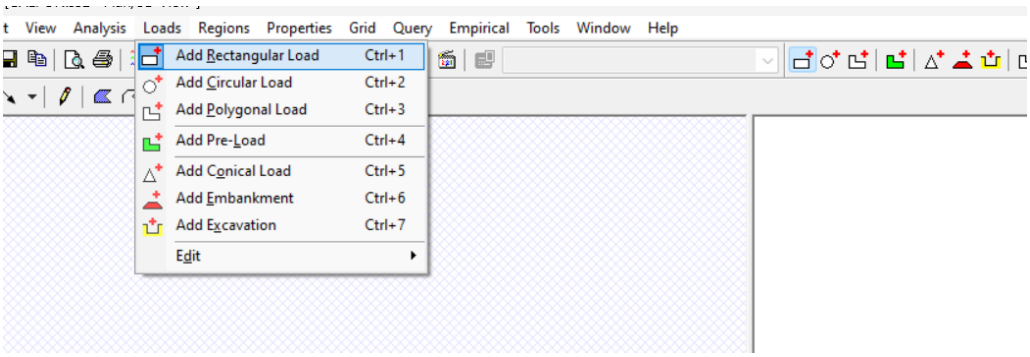
- **Galpón a 12 meses:** En este se obtendrá lo que corresponde al asentamiento máximo que tendrá el galpón que estará construido sobre el suelo ubicado en Yaguachi.
- **Precarga 90 días y 58 kpa:** Esta es la primera solución para mejorar el suelo, consiste en una precarga de 58 Kpa, los 90 días se refiere al tiempo que tardará la precarga en ser terminada.
- **Sobrecarga a 90 días y 80 Kpa:** Corresponde a la segunda solución para mejorar el suelo, consiste en una precarga de 58 Kpa más una sobrecarga de 22 Kpa dando un total de 80 Kpa, los 90 días se refiere al tiempo que tomará la precarga en ser terminada.
- **Precarga a 90 días, 58 Kpa y drenes mecha:** Esta es la tercera solución para mejorar el suelo, consiste en una precarga de 58 Kpa y colocar drenes de mecha vertical, los 90 días se refiere al tiempo que tardará en ser ejecutada esta solución.

2.2.1 Galpón a 12 meses

En este punto se colocará la carga del galpón, para esto se dirige a la ventana “loads” y se selecciona la add “rectangular load”.

Ilustración 32

Colocación de la carga del galpón.



Fuente: Elaboración propia

Conocemos que el área del galpón es de 50 x 100 metros, y tendrá las siguientes cargas:

Tabla 6

Cálculo de la carga presente en el sitio a intervenir.

Tipo de carga	Espesor	γ	Carga
	m	(kN/m3)	(kN/m2)
Piso hormigon	0.2	24	4.8
Carga adicional			50
Material de prestamo importado	1	19.5	19.5
Total			74.3

Fuente: Elaboración propia

Las cargas se agregarán de la siguiente manera:

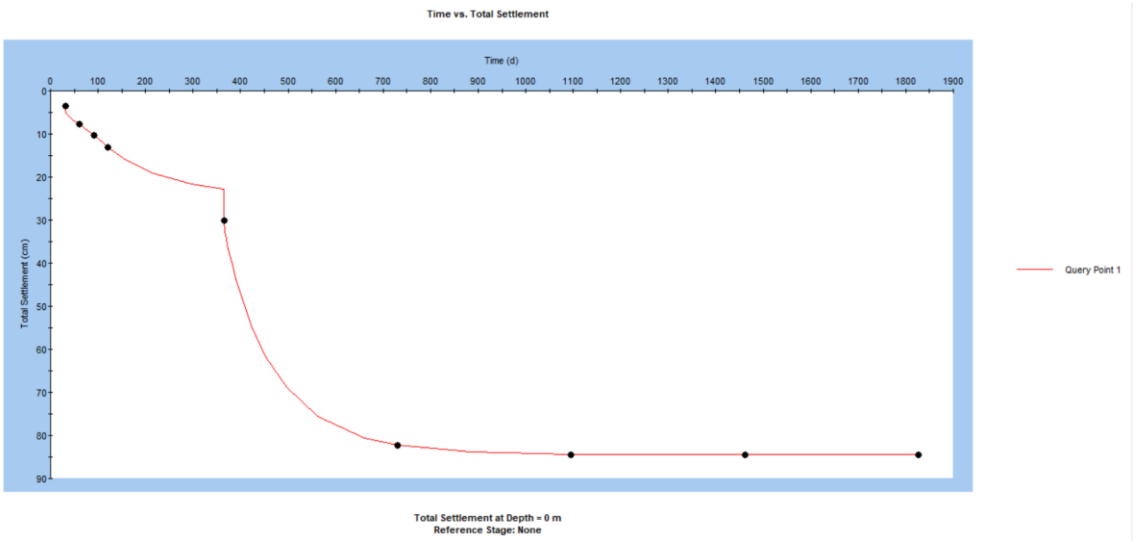
A partir de los 30 días se colocará la carga de material de préstamo importado.

A partir del primer año se deberá colocar la carga del piso de hormigón y la carga adicional que es de 54.8 kpa, la cual se ha incrementado a 58 kpa por temas de variación del peso específico de los materiales.

Con esto se obtiene la siguiente grafica de asentamientos:

Ilustración 33

Gráfica de asentamientos vs tiempo.



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 34

Gráfica asentamientos vs profundidad.

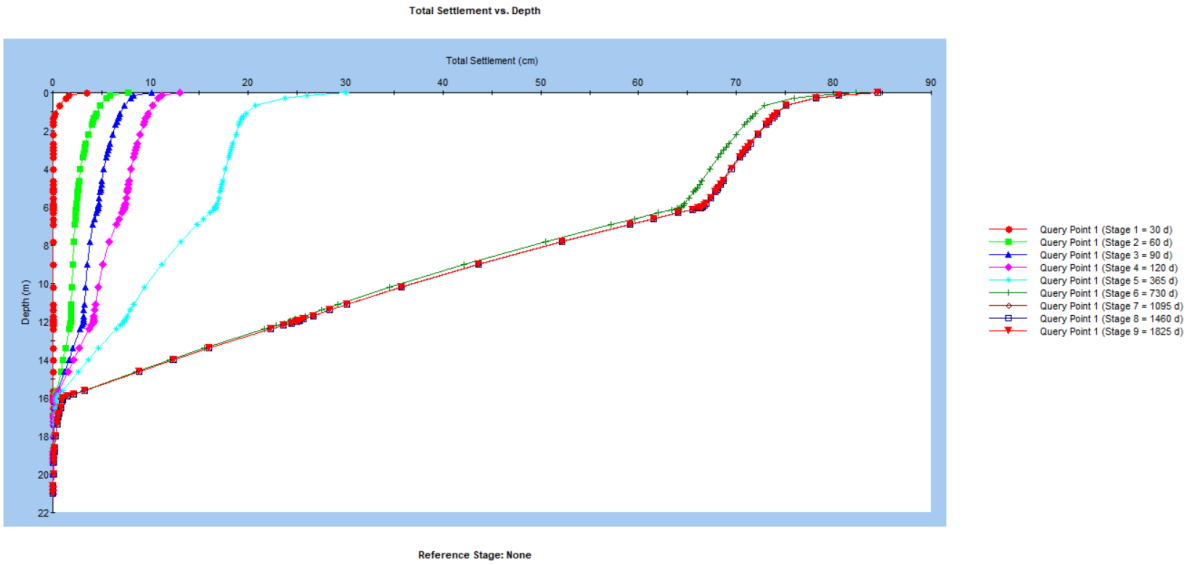


Tabla 7

Asentamiento en cm respecto a los días transcurridos.

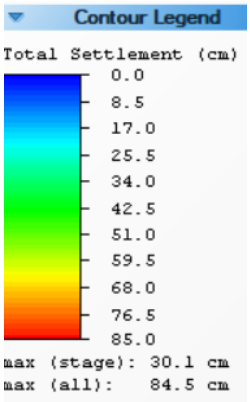
Tiempo (días)	Asentamiento (centímetros)
30	3.45
60	7.69
90	10.20
120	13
365	30.10
730	82.20
1095	84.4
1460	84.5
1825	84.5

Fuente: Elaboración propia

Se observa un asentamiento de 30.1 centímetros a los 365 días y 84.5 centímetros a los 5 años.

Ilustración 35

Precarga 90 días y 58 kpa



Fuente: Elaboración propia

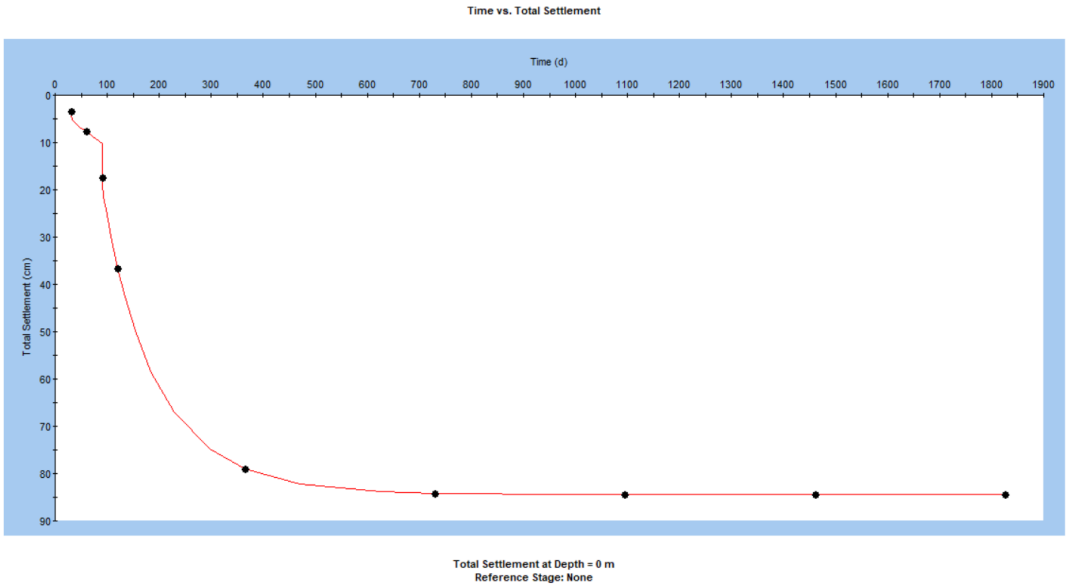
2.3 Desarrollo del sistema de precarga.

Se agregan las cargas de la misma forma que se agregó en el Galpón a 12 meses. Las cargas deberán ser agregadas de la siguiente manera:

A partir de los 30 días se coloca la carga de material de préstamos importado y partir de 90 días se define una precarga de 58 Kpa.

Ilustración 36

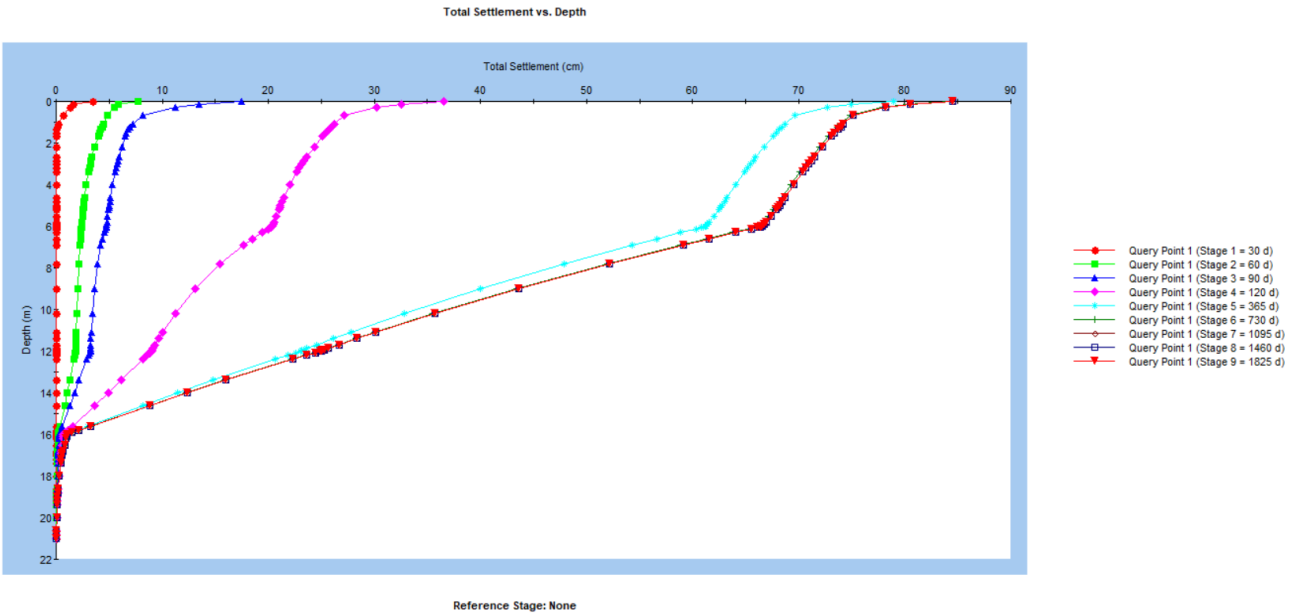
Gráfica de asentamientos totales vs tiempo en condiciones de precarga.



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 37

Gráfica de asentamientos totales vs profundidad (Precarga).



Fuente: Elaboración propia

Tabla 8

Asentamiento en cm respecto a los días transcurridos.

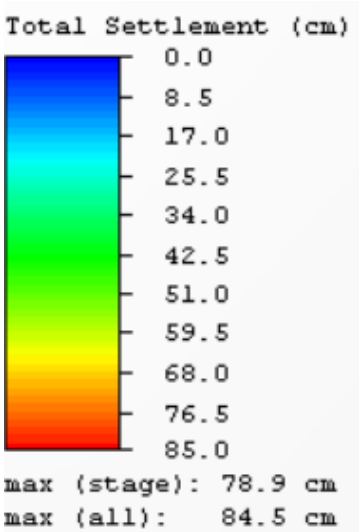
Tiempo (días)	Asentamiento (centímetros)
30	3.45
60	7.69
90	17.5
120	36.5
365	78.9
730	84.2
1095	84.5
1460	84.5
1825	84.5

Fuente: Elaboración propia

Se observa un asentamiento de 78.9 centímetros a los 365 días y 84.5 centímetros a los 5 años.

Ilustración 38

Sobrecarga a 90 días y 80 Kpa



Fuente: Elaboración propia

2.4 Desarrollo del sistema de sobrecarga.

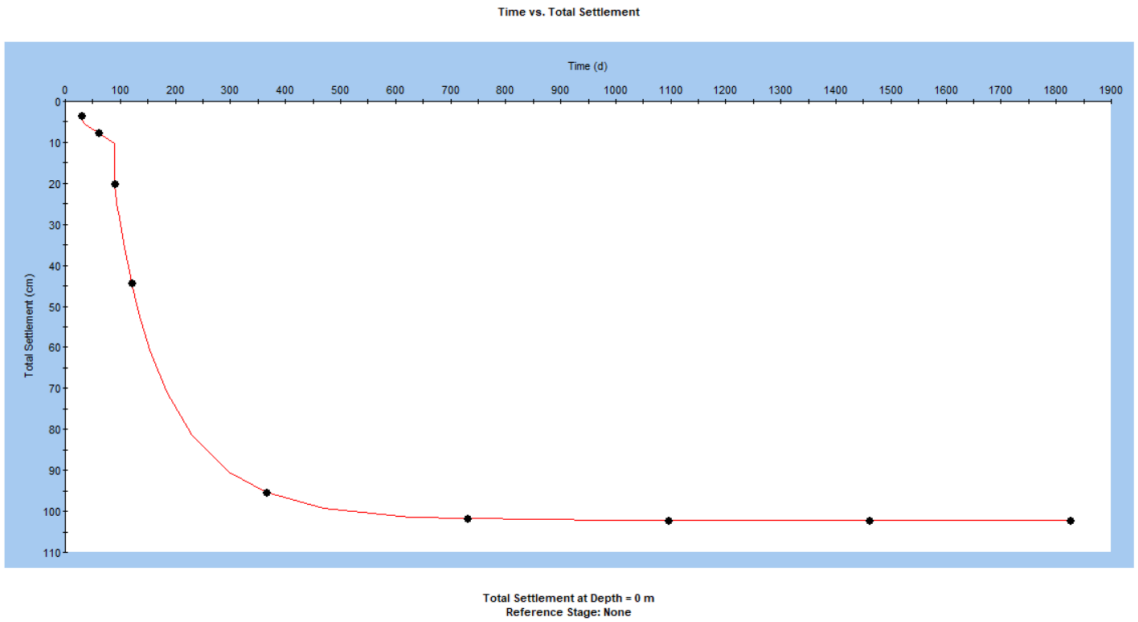
Se agregan las cargas de la misma forma que se agregó en Galpón a 12 meses. Las cargas se agregan de la siguiente manera:

A partir de los 30 días se coloca la carga de material de préstamos importado.

A partir de 90 días se define una precarga de 58 Kpa más 22 Kpa de sobrecarga, con lo que se obtiene 80 Kpa.

Ilustración 39

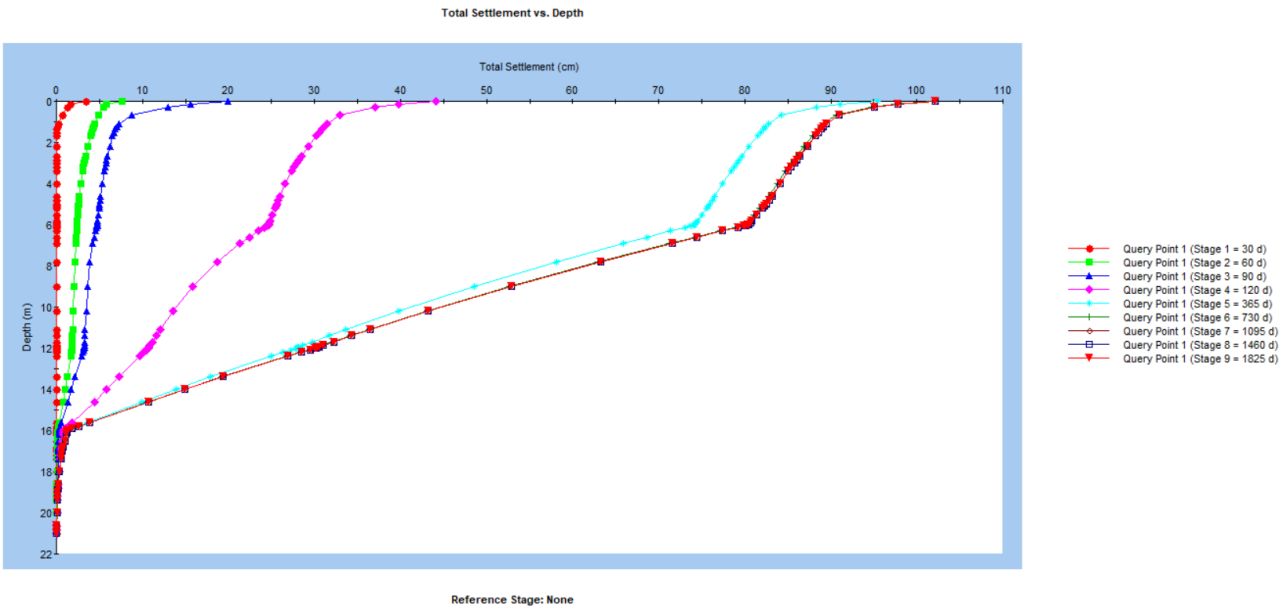
Gráfica de asentamientos totales vs tiempo (Sobrecarga).



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 40

Gráfica de asentamientos totales vs profundidad (Sobrecarga).



Fuente: Elaboración propia

Tabla 9

Asentamiento en cm respecto a los días transcurridos.

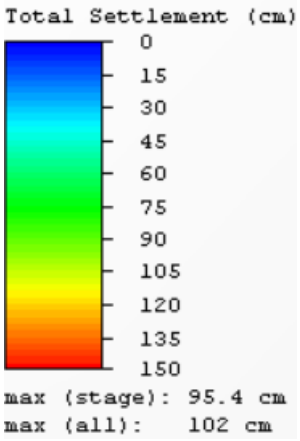
Tiempo (días)	Asentamiento (centímetros)
30	3.45
60	7.69
90	20
120	44.1
365	95.4
730	102
1095	102
1460	102
1825	102

Fuente: Elaboración propia

Se observa que tendremos un asentamiento de 95.4 centímetros a los 365 días y 102 centímetros a los 5 años.

Ilustración 41

Precarga a 90 días, 58 Kpa y drenes mecha.



Fuente: Elaboración propia

2.5 Desarrollo del sistema de precarga más drenes.

Se definen las cargas de la misma forma que se agregó en “Galpón” a 12 meses. Las cargas se agregan de la siguiente manera:

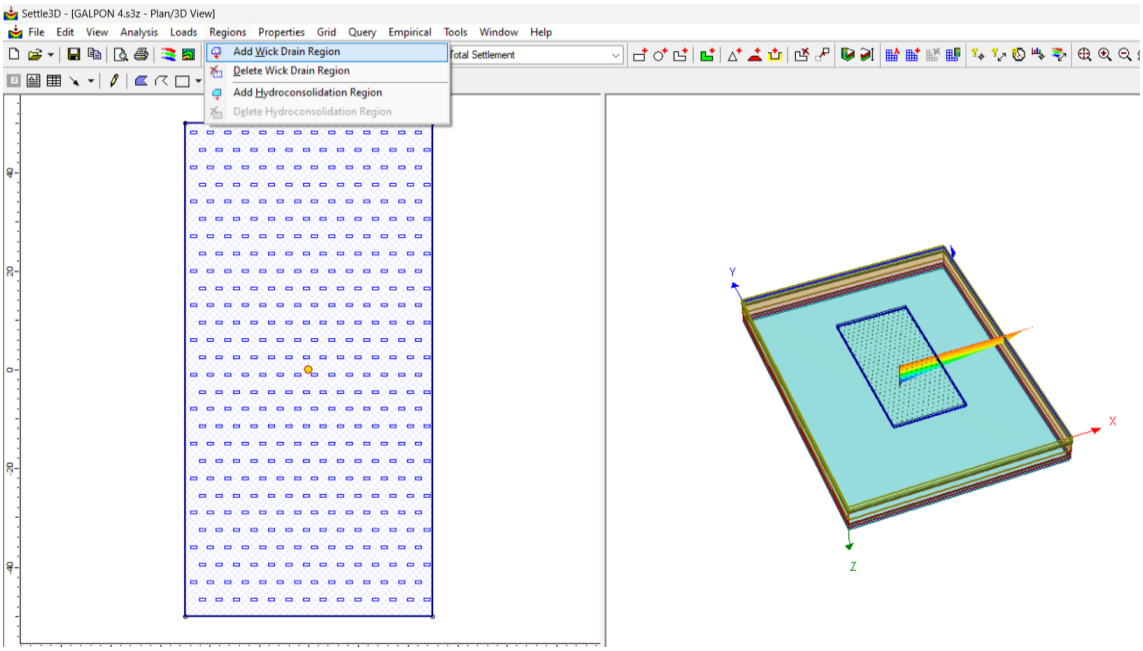
A partir de los 30 días se pondrá la carga de material de préstamo importado, a partir de 90 días se pondrá una precarga de 58 Kpa y los drenes.

Los drenes tienen un ancho de 10 centímetros con un espesor de 3-6 milímetros. (AWD, 2025)

Para colocar los drenes en el programa se selecciona “Regions” y posteriormente “Add Wick Drains Region”.

Ilustración 42

Colocación de mechas drenantes en el programa.

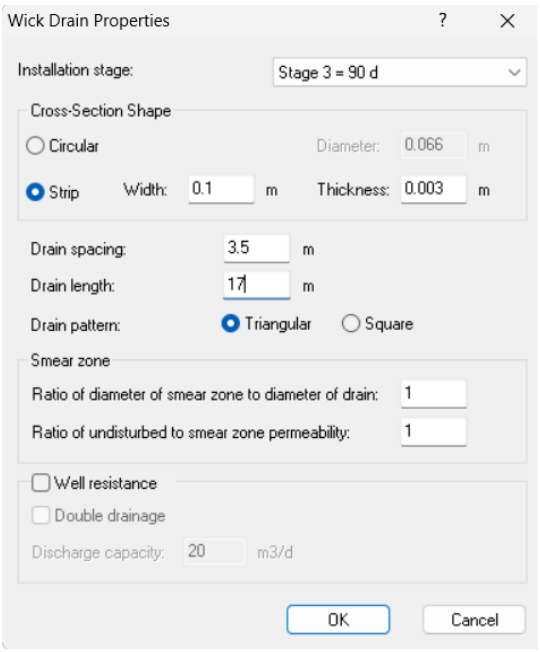


Fuente: Elaboración propia

Se presenta la siguiente ventana donde se deberá especificar que los drenes fueron instalados a los 90 días y será “strip” con ancho de 10 centímetros y espesor de 3 centímetros. La separación será de 3.5 metros, la profundidad es de 17 metros y tendrá una distribución de tipo tresbolillo (triangular).

Ilustración 43

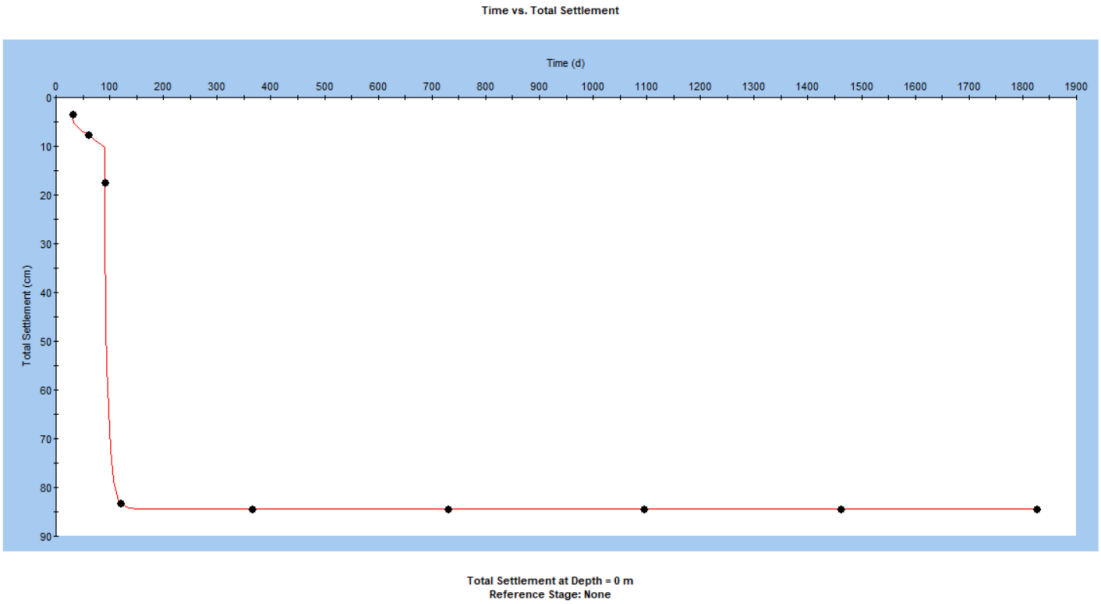
Determinación de características de las mechas drenantes.



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 44

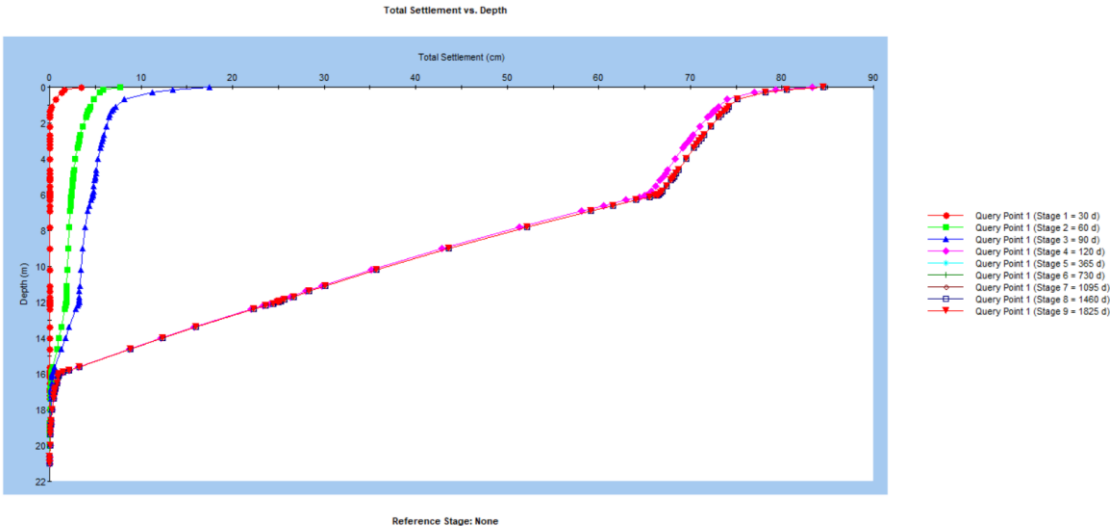
Gráfica de asentamientos totales vs tiempo (Precarga con mechas drenantes).



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 45

Gráfica de asentamientos totales vs profundidad (Precarga con mechas drenantes).



Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

Asentamiento en cm respecto a los días transcurridos.

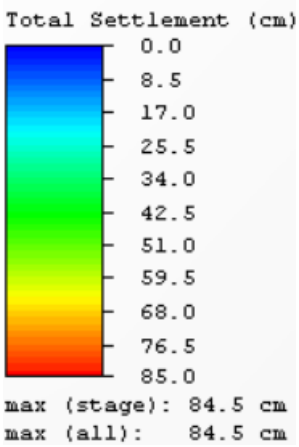
Tiempo (días)	Asentamiento (centímetros)
30	3.45
60	7.69
90	17.5
120	83.3
365	84.5
730	84.5
1095	84.5
1460	84.5
1825	84.5

Fuente: Elaboración propia

Se observa un asentamiento de 83.3 centímetros a los 120 días, 84.5 centímetros a los 365 días y 84.5 centímetros a los 5 años.

Ilustración 46

Precarga a 90 días, 58 Kpa y drenes mecha.



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el grafico donde se presentan las 4 condiciones mencionadas anteriormente.

Ilustración 47

Gráfico compilatorio de Asentamientos (cm) Vs Tiempo (Días).

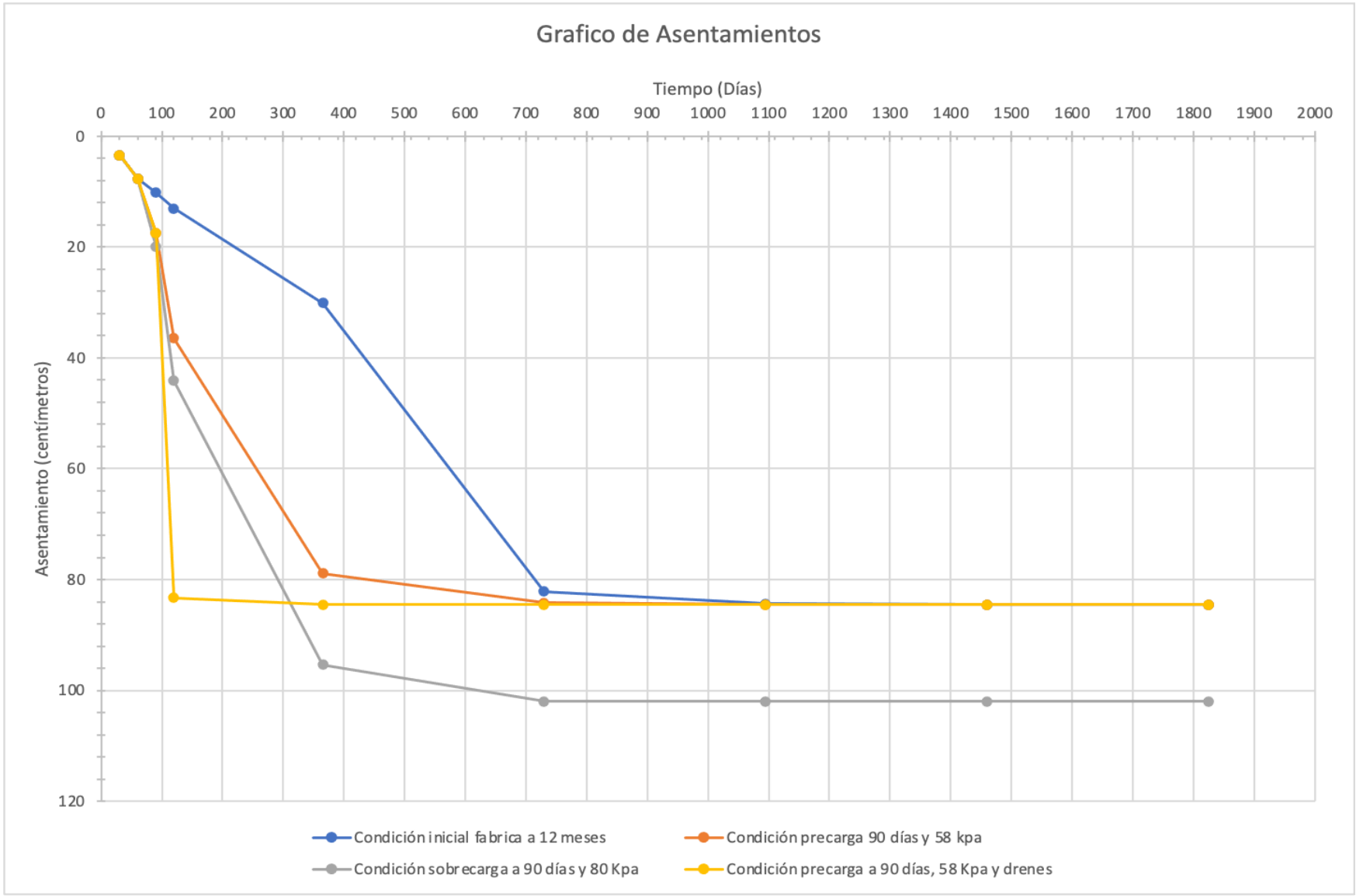
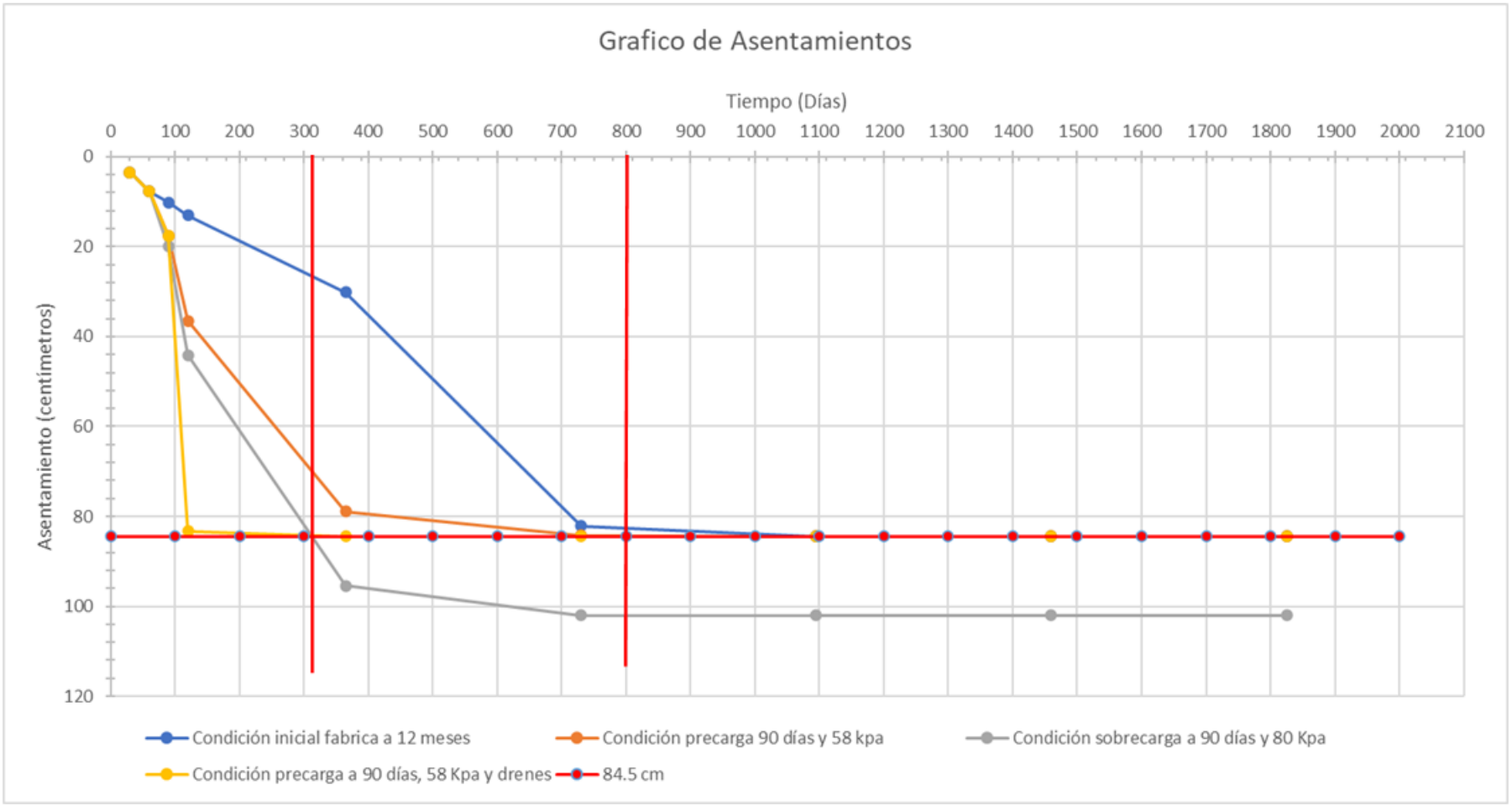


Ilustración 48 Gráfico de Asentamientos (cm) Vs Tiempo (días)

Gráfico de Asentamientos (cm) Vs Tiempo (días)



2.6 Observaciones:

La condición inicial muestra que, una vez que la fábrica se termine de construir en 1 año esta tendrá un asentamiento de 30.10 centímetros, además tendrá un asentamiento máximo de 84.5 centímetros lo cual ocurrirá entre el segundo y tercer año de iniciada la construcción, este asentamiento máximo es el que se desea alcanzar con las condiciones propuestas, se evalúan los costos y tiempo de cada condición.

La segunda condición, se refiere a precarga con 58 Kpa a los 90 días, se observa que culminado el primer año presenta un asentamiento de 78.9 centímetros, esto implica que faltan 5.6 centímetros para alcanzar el asentamiento máximo, al segundo año presenta un asentamiento de 84.2 centímetros lo que indica que faltan 0.3 centímetros para alcanzar el asentamiento máximo, para llegar al máximo asentamiento se trazó una línea la cual indica que para cumplir el máximo asentamiento la precarga tendrá que mantenerse durante 800 días.

En la tercera condición, que desarrolla una sobrecarga de 80 Kpa a los 90 días se observa que al primer año presenta un asentamiento de 95.4 centímetros, lo cual es mayor a los 84.5 centímetros, en el grafico en el eje X cada unidad secundaria indica 30 días, por lo que se trazó una línea para observar el tiempo en el que se cumplen los 84.5 centímetros, se observa que esto se cumple a los 324 días.

La cuarta condición, definida como precarga con 58 kpa a los 90 días y drenes, se observa que a los 90 días presenta 17.5 centímetros de asentamiento, una vez colocada la precarga y los drenes después de 1 mes se observa 83.3 centímetros de asentamiento lo cual deja a 1.2 centímetros del máximo asentamiento. Esto indica que la precarga más drenes se puede retirar a los 120 días.

Cabe mencionar que el tiempo que se tarda en realizar el mejoramiento con el sistema de pilotes es de120 días.

3. CAPITULO III

3.1 Presupuesto

Como se debe comparar los presupuestos de cada propuesta, no se realizará el presupuesto de los rubros preliminares y medidas de mitigación ambiental dado que estos rubros serán los mismos para todas las propuestas.

En la elaboración de un presupuesto, se encuentran los costos indirectos, estos son los gastos que se requieren realizar para poder ejecutar el proyecto pero que no se pueden asignar a un rubro especifico del proyecto. Los tipos de costos indirectos en un proyecto son:

- Costos operación: gastos administrativos y oficina, servicios básicos, pólizas, gasto de personal técnico
- Costo de campo: guardianía, instalaciones provisionales, fletes.

Para nuestros presupuestos asignamos un 10% de costo indirectos, este porcentaje debe ser obtenido a partir de los costos directos.

Además de los costos indirectos, también está la utilidad, la cual es la ganancia que tendrá el contratista sobre los costos directos e indirectos de la obra, por lo general se lo expresa en porcentaje. Los factores que se debe considerar para determinar la utilidad son:

- Complejidad de la obra: mientras más compleja sea la obra mayor utilidad tendrá.
- Riesgo en la obra: si existen riesgo mayor será la utilidad.
- Competencia laboral: mientras más competencia exista la utilidad será más baja.
- Duración de la obra: si la obra tiene una duración larga la utilidad será mayor.

Para todas las propuestas se escogió una utilidad del 5% debido a que la complejidad y riesgo son bajas además la competencia laboral es alta, este porcentaje debe ser obtenido a partir de los costos directos.

Además, para la precarga, sobrecarga y precarga con drenes no se consideró en el presupuesto el retiro del material.

3.1.1 Precarga

Se procede a calcular la altura que tendrá el terraplén de la precarga, conociendo que el peso específico del material compactado será de: 19.5 Kn/m3 y la precarga debe ser de 58 Kpa

$$H_{precarga} = \frac{58\ Kn/m^2}{19.5\ kn/m^3}$$

$$H_{precarga} = 2.97 \approx 3\ metros$$

La altura que tendrá el terraplén será de 3 metros y para conocer los metros cúbicos de material que se necesitan, se debe multiplicar por el área que es de 5000 metros cuadros, dando como resultado:

$$metros\ cubicos\ que\ se\ necesita = 3 \times 5000 = 15000\ m^3$$

Sabiendo que el terraplén debe tener taludes, la altura no será de 3 metros de terraplén, será mayor, pero ya que el presupuesto se desarrolla con la cantidad de metros cúbicos que se necesita para conseguir la precarga, no es necesario conocer la nueva altura del terraplén.

El presupuesto para la precarga es de $131,861.00. A continuación se procederá a detallar el presupuesto:

Tabla 11

Presupuesto de precarga.

TABLA DE DESCRIPCION DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS

No.	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
1	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO	M3	15,000.00	8.10	121,500.00
2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL DE ASENTAMIENTOS	U	10.00	268.86	2,688.60
3	PRUEBAS DE DENSIDAD (DENSÍMETRO NUCLEAR)	U	100.00	49.10	4,910.00
4	REGISTRO DE ASENTAMIENTOS	DÍA	30.00	92.08	2,762.40
				TOTAL:	**131,861.00**

SON : CIENTO TREINTA Y UN MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y UN DOLARES, 00/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Sobrecarga

Se procede a calcular la altura que tendrá el terraplén de la sobrecarga, conociendo que el peso específico del material compactado será de: 19.5 Kn/m3 y la sobrecarga debe ser de 80 Kpa

$$H_{precarga} = \frac{80\ Kn/m^2}{19.5\ kn/m^3}$$

$$H_{precarga} = 4.10\ metros$$

La altura que tendrá el terraplén será de 4.10 metros y para conocer los metros cúbicos de material que se necesitan, se procede a multiplicar por el área que es de 5000 metros cuadros, dando como resultado:

$$metros\ cubicos\ que\ se\ necesita = 4.10 \times 5000 = 20500\ m^3$$

Sabiendo que el terraplén debe tener taludes, la altura no será de 4.10 metros de terraplén, será mayor, pero como el presupuesto se desarrolla con la cantidad de metros cúbicos que se necesita para conseguir la sobrecarga, no es necesario conocer la nueva altura del terraplén.

El presupuesto para la sobrecarga es de $176,748.30. A continuación se procederá a detallar el presupuesto:

Tabla 12

Presupuesto de sobrecarga.

TABLA DE DESCRIPCION DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS

No.	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
1	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO	M3	20,500.00	8.10	166,050.00
2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL DE ASENTAMIENTOS	U	10.00	268.86	2,688.60
3	PRUEBAS DE DENSIDAD (DENSÍMETRO NUCLEAR)	U	135.00	49.10	6,628.50
4	REGISTRO DE ASENTAMIENTOS	DÍA	15.00	92.08	1,381.20
				TOTAL:	**176,748.30**

SON : CIENTO SETENTA Y SEIS MIL SETECIENTOS CUARENTA Y OCHO DOLARES, 30/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Precarga con drenes

La cantidad de metros cúbicos será la misma que la precarga simple. Para los drenes verticales (wick drains) se debe utilizar una longitud de 17 metros, separados a 3.5 metros en forma de tresbolillo, lo que resulta en 500 drenes, pero para el presupuesto se debe convertir esta cantidad en metros lineales, lo que resulta en 17 x 500 dando un total de 8500 metros de drenes verticales, además se debe colocar una capa de arena que sirva como drenante abajo de la precarga y dicha capa tendrá un espesor de 30 centímetros. El presupuesto es de $219,463.00.

Tabla 13

Presupuesto de precarga con drenes.

TABLA DE DESCRIPCION DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS

No.	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
1	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO	M3	15,000.00	8.10	121,500.00
2	CAPA DRENANTE DE ARENA (E=0.30 M)	M3	1,500.00	17.15	25,725.00
3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE WICK DRAINS (L=17 M, S=3.5 M) INCLUYE PERFORACIÓN PREVIA	M	8,500.00	7.55	64,175.00
4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL DE ASENTAMIENTOS	U	10.00	268.86	2,688.60
5	PRUEBAS DE DENSIDAD (DENSÍMETRO NUCLEAR)	U	100.00	49.14	4,914.00
6	REGISTRO DE ASENTAMIENTOS	DÍA	5.00	92.08	460.40
				TOTAL:	**219,463.00**

SON : DOSCIENTOS DIECINUEVE MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y TRES DOLARES, 00/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Fuente: Elaboración propia

3.1.4 Pilotes

Para la ubicación de los pilotes se usará el mismo criterio utilizado en los drenes por lo tanto serán 500 pilotes prefabricados con dimensiones de 30x30 centímetros. Los cuales al igual que los drenes tendrán una longitud de 17 metros. El resultado es de 4.64 geomallas (ver anexo) las cuales se debe redondear a 5 geomallas y esto se multiplica por el área del proyecto para conocer la cantidad de metros cuadrados que se necesita de geomalla. El presupuesto es de $1,168,115.97.

Tabla 14

Presupuesto de pilotes.

TABLA DE DESCRIPCION DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS

No.	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
1	SUMINISTRO DE PILOTE PREFABRICADO DE HORMIGON ARMADO DE 300X300 MM DE SECCION Y 17 M DE LONGITUD	ML	8,500.00	65.04	552,840.00
2	HINCADA DE PILOTES PREFABRICADOS DE 300X300 MM	ML	8,500.00	20.00	170,000.00
3	REMOCION DE CABEZA DE PILOTE	U	500.00	85.41	42,705.00
4	REPLANTILLO DE HORMIGON F'C=140 KG/CM2	M2	605.00	98.23	59,429.15
5	HORMIGON DE CABEZALES F'C=280 KG/CM2	M3	151.26	280.60	42,443.56
6	ACERO DE REFUERZO DE CABEZALES FY= 4200 KG/CM2	KG	40,501.49	2.19	88,698.26
7	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMALLA	M2	25,000.00	8.12	203,000.00
8	EJECUCION DE PRUEBAS DE CARGA DINAMICA PDA, INCLUYE INFORME DE AJUSTE DE SEÑALES	GLB	10.00	900.00	9,000.00
				TOTAL:	**1,168,115.97**

SON : UN MILLÓN CIENTO SESENTA Y OCHO MIL CIENTO QUINCE DOLARES, 97/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Fuente: Elaboración propia

4. CAPITULO IV

4.1 Evaluación económica

Para la evaluación económica, se toma en cuenta los costos que tiene cada una de las cuatro alternativas y su tiempo de espera.

Tabla 15

Datos del proyecto.

DATOS DEL PROYECTO			
ALTERNATIVAS	**COSTO**	**TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN + ESPERA (DIAS)**	**TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN + ESPERA (AÑOS)**
PRECARGA	$131,861.00	800	2.19
SOBRECARGA	$176,748.30	324	0.89
PRECARGA CON DRENES	$219,463.00	120	0.33
PILOTES	$1,168,115.97	120	0.33

Fuente: Elaboración propia

Se compara con los tipos de empresas que existen en el Ecuador, según el Directorio de Empresas y Establecimientos 2020, se clasifican de la siguiente manera:

1. **Grande**
   V: $5´000.001 o más. P: 200 en adelante.
2. **Mediana B**
   V: $2´000.001 a $5´000.000. P: 100 a 199.
3. **Mediana A**
   V: $1´000.001 a $2´000.000. P: 50 a 99.
4. **Pequeña**
   V: $ $100.001 a $1´000.000. P: 10 a 49.
5. **Microempresa**
   V: menor o igual a $100.000. P: 1 a 9.

Para el análisis se considera de la siguiente forma:

Tabla 16

Empresas a analizar.

EMPRESAS A ANALIZAR			
TIPO	**VENTAS ANUALES**	**PORCENTAJE DE RENTABILIDAD**	**GANANCIA**
PEQUEÑA	$450,000.00	25.00%	$112,500.00
MEDIANA A	$1,350,000.00	30.00%	$405,000.00
MEDIANA B	$2,850,000.00	35.00%	$997,500.00
GRANDE	$5,350,000.00	45.00%	$2,407,500.00

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el siguiente análisis se debe tener presente que la empresa no desarrollará ningún otro tipo de actividad mientras realiza la ejecución de la obra de infraestructura. Para esto se deberá tener en cuenta el concepto de lucro cesante, mediante el cual se asume que la empresa deja de percibir las ganancias que la misma podrá generar, durante el tiempo que debe esperar mientras se desarrolla el sistema de mejoramiento geotécnico para la cimentación y la posterior edificación de la nave industrial.

Se utilizará las siguientes formulas:

$$ventas\ perdidas = ventas\ anuales \times tiempo\ de\ espera$$

$$costo\ total = costo\ inicial + ventas\ perdidas$$

$$ROI\ (tiempo\ de\ retorno\ de\ inversion) = \frac{costo\ total}{ventas\ anuales}$$

Al realizar la evaluación económica se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 17

Análisis en empresas pequeñas.

EMPRESA PEQUEÑA				
ALTERNATIVAS	**COSTO INICIAL**	**VENTAS PERDIDAS**	**COSTO TOTAL**	**ROI (AÑOS)**
PRECARGA	$131,861.00	$246,575.34	$378,436.34	3.36
SOBRECARGA	$176,748.30	$99,863.01	$276,611.31	2.46
PRECARGA CON DRENES	$219,463.00	$36,986.30	$256,449.30	2.28
PILOTES	$1,168,115.97	$27,739.73	$1,195,855.70	10.63

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18

Análisis en empresa mediana A.

EMPRESA MEDIANA A				
ALTERNATIVAS	**COSTO INICIAL**	**VENTAS PERDIDAS**	**COSTO TOTAL**	**ROI (AÑOS)**
PRECARGA	$131,861.00	$887,671.23	$1,019,532.23	2.52
SOBRECARGA	$176,748.30	$359,506.85	$536,255.15	1.32
PRECARGA CON DRENES	$219,463.00	$133,150.68	$352,613.68	0.87
PILOTES	$1,168,115.97	$99,863.01	$1,267,978.98	3.13

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

Análisis en empresa mediana B.

EMPRESA MEDIANA B				
ALTERNATIVAS	**COSTO INICIAL**	**VENTAS PERDIDAS**	**COSTO TOTAL**	**ROI (AÑOS)**
PRECARGA	$131,861.00	$2,186,301.37	$2,318,162.37	2.32
SOBRECARGA	$176,748.30	$885,452.05	$1,062,200.35	1.06
PRECARGA CON DRENES	$219,463.00	$327,945.21	$547,408.21	0.55
PILOTES	$1,168,115.97	$245,958.90	$1,414,074.87	1.42

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20

Análisis en empresas grandes.

EMPRESA GRANDE				
ALTERNATIVAS	**COSTO INICIAL**	**VENTAS PERDIDAS**	**COSTO TOTAL**	**ROI (AÑOS)**
PRECARGA	$131,861.00	$5,276,712.33	$5,408,573.33	2.25
SOBRECARGA	$176,748.30	$2,137,068.49	$2,313,816.79	0.96
PRECARGA CON DRENES	$219,463.00	$791,506.85	$1,010,969.85	0.42
PILOTES	$1,168,115.97	$593,630.14	$1,761,746.11	0.73

Fuente: Elaboración propia

4.2 Conclusiones

Caracterización del suelo

El análisis estratigráfico del terreno en el cantón Yaguachi evidenció la presencia de suelos blandos de alta compresibilidad, con propiedades geotécnicas poco favorables para cimentaciones directas de estructuras tipo nave industrial. Esta condición impone la necesidad de adoptar técnicas de mejoramiento del terreno o cimentaciones profundas para garantizar el desempeño estructural a largo plazo.

Comparación de alternativas técnicas

Se modelaron y evaluaron cuatro alternativas de soluciones geotécnicas que son: precarga, sobrecarga, precarga con drenes verticales, y pilotes, utilizando el software Settle3. Se logró comprobar que la alternativa de precarga con drenes verticales reduce en más del 80% el tiempo de consolidación en comparación con la precarga convencional, manteniendo un sentamiento final aceptable.

Evaluación del comportamiento del terreno

Se logó determinar mediante simulaciones que todas las alternativas lograron limitar los asentamientos diferenciales dentro de rangos admisibles para estructuras industriales con descargas de hasta 5 ton/m². Así también se observó que el tiempo requerido para alcanzar dichos asentamientos varió significativamente de acuerdo a cada método implementado.

Viabilidad económica diferenciada por tipo de industria

La evaluación económica permitió establecer que:

Para empresas pequeñas, la solución más viable es la alternativa de sobrecarga ya que, aunque tiene una mayor inversión que la precarga, el tiempo de espera es significativamente menor (476 días menos), financieramente la opción de sobrecarga tiene un costo total de $276,611.31 con un tiempo de retorno de la inversión de 2.46 años siendo esta una opción equilibrada. La precarga con drenes no es una buena opción debido a que

teniendo un costo total y un ROI menor que la sobrecarga, el costo inicial representa el 195.08% de las ganancias anuales, lo cual es casi el doble de las ganancias anules, por lo que se tendría que solicitar un préstamo alto. Los pilotes quedan totalmente descartados ya que el costo inicial representa 1038.33% de las ganancias anulas y un ROI de 10.3 años por lo tanto no se justifica realizar esta opción.

Para las empresas medianas la solución más viable es recomienda la alternativa de precarga con drenes ya que su costo inicial si se puede cubrir en las ganancias y tiene el costo total y tiempo de retorno más bajo de todas las demás opciones. La precarga queda totalmente descartada ya que tiene un costo total de más de 1 millón de dólares y un ROI superior a 2 años. La sobrecarga no es buena opción ya que, aunque tenga un costo inicial bajo, su costo total es superior al costo de la precarga con drenes y los pilotes no es buena opción por su coste inicial y costo total alto.

Y para las empresas grandes es similar a las empresas medianas, aunque la segunda mejor opción sería los pilotes ya que tiene un ROI de 0.73 años lo cual es menor a la sobrecarga.

Aporte técnico y estratégico del estudio

El trabajo ha desarrollado una guía comparativa técnica y económica que permite al proyectista seleccionar la solución de cimentación más adecuada en función del tamaño del proyecto, el tiempo disponible y los recursos financieros. También permite tomar decisiones informadas que reduzcan los riesgos asociados a asentamientos diferenciales y sobrecostos por rediseños.

4.3 Recomendaciones

Las 4 alternativas son de las más usadas en el Ecuador, por lo que, si se quiere optar por alguna alternativa diferente, es mejor investigar si se cuentan con los materiales y equipos para poder logar dicha alternativa.

Para poder elegir la mejor alternativa se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- Ventas anuales de la empresa
- Costo inicial (lo que cuesta hacer la alternativa)
- Tiempo de espera (lo que se demora en construir la alternativa)
- Costo total (es el costo inicial más lo que se pierde por esperar hasta terminar de construir la alternativa)
- Tiempo de retorno de inversión

Para calcular el costo inicial es de suma importancia conocer el lugar del proyecto ya que se podrá obtener información relevante como:

- Estado de las vías que llevan al proyecto
- Canteras cercanas
- Equipos de construcción disponibles en la zona de proyecto

Para la precarga, sobrecarga y precarga con drenes se recomienda iniciar con el relleno desde la parte frontal y no desde atrás del terreno ya que al realizarlo de esta forma, al momento de colocar el material, las volquetas que lleguen cargadas con material ayudaran a compactar el mismo, así se podrá ahorrar algunas horas de rodillo y ayudará a alcanzar las densidades de compactación optimas de manera más eficiente.

Para la precarga, sobrecarga y precarga con drenes se puede regar el material con: excavadora, motoniveladora, tractor o retroexcavadora, se recomienda usar la retroexcavadora por su costo por hora más bajo que el resto de máquinas mencionadas, aunque esto dependerá también de la disponibilidad que exista del equipo. Además, para la compactación se recomienda un rodillo superior a las 10 toneladas y que se encuentre en óptimas condiciones ya que el rodillo será el encargado de hacer que el material cumpla con las densidades requeridas.

El material que sea elegido para el relleno será necesario que no presente capa vegetal y que no se encuentre con alto contenido de humedad, de preferencia seco, esto debido a que si se encuentra muy húmedo no se podrá llegar a la densidad optima de compactación o en algunos casos no se podrá compactar.

Para la precarga, sobrecarga y precarga con drenes se debe tener en cuenta que el material se retirara una vez alcanzado el asentamiento máximo

por lo que es de suma importancia conocer que se va hacer con dicho material, esto con la finalidad de considerarlo en la propuesta económica.

Anexos

Análisis de precios unitarios para solución con pilotes.

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS **HOJA 1 DE 8**

RUBRO : 1 UNIDAD: ML

DETALLE : SUMINISTRO DE PILOTE PREFABRICADO DE HORMIGON ARMADO DE 300X300 MM DE SECCION Y 17 M DE LONGITUD

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.05967
VIBRADOR	1.00	3.84	3.84000	0.02000	0.07680
PLATAFORMA	0.30	160.00	48.00000	0.02000	0.96000
GRUA LORAIN 20 TON	0.30	45.00	13.50000	0.02000	0.27000
SUBTOTAL M					**1.36647**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
PEON	4.00	4.23	16.92000	0.02000	0.33840
ALBAÑIL	2.00	4.28	8.56000	0.02000	0.17120
FIERRERO	1.00	4.28	4.28000	0.02000	0.08560
CARPINTERO	2.00	4.28	8.56000	0.02000	0.17120
MAESTRO MAYOR EJEC. OBRA CIVIL	1.00	4.75	4.75000	0.02000	0.09500
OPERADOR GRUA ESTACIONARIA	0.30	4.75	1.42500	0.02000	0.02850
CHOFER CAMION PESADO +3.5TON.	0.30	6.22	1.86600	0.02000	0.03732
MECANICO EQUIPO PESADO CAMINER	1.00	4.75	4.75000	0.02000	0.09500
AYUDANTE DE MAQUINARIA	2.00	4.28	8.56000	0.02000	0.17120
SUBTOTAL N					**1.19342**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
HORMIGON PREFABRICADO FC=420 KG/CM2	M3	1.00000	54.00	54.00000
SUBTOTAL O				**54.00000**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		56.55989
INDIRECTOS (%)	15.00%	8.48398
UTILIDAD (%)	0.00%	0.00000
COSTO TOTAL DEL RUBRO		65.04
VALOR UNITARIO		**65.04**

SON: SESENTA Y CINCO DOLARES, 04/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

A

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 2 DE 8

RUBRO : 2 UNIDAD: ML

DETALLE : HINCADA DE PILOTES PREFABRICADOS DE 300X300 MM

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.08528
NIVEL DE PRECISION	1.00	2.00	2.00000	0.03184	0.06368
GRUA DE 120 TON	1.00	138.00	138.00000	0.03184	4.39392
MARTILLO DE GOLPE A DIESEL	1.00	300.00	300.00000	0.03184	9.55200
MAESTRA DE ACOPLES PARA CABEZ.	1.00	50.00	50.00000	0.03184	1.59200
SUBTOTAL M					**15.68688**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
PEON	3.00	4.23	12.69000	0.03184	0.40405
TOPÓGRAFO (EN CONSTRUCCIÓN)	1.00	4.75	4.75000	0.03184	0.15124
CADENERO	2.00	4.28	8.56000	0.03184	0.27255
INSPECTOR DE OBRA	1.00	4.76	4.76000	0.03184	0.15156
AYUDANTE DE MAQUINARIA	2.00	4.28	8.56000	0.03184	0.27255
OPERADOR GRUA ESTACIONARIA	1.00	4.75	4.75000	0.03184	0.15124
OPERADOR EQUIPO PESADO	1.00	4.75	4.75000	0.03184	0.15124
MECANICO EQUIPO PESADO CAMINER	1.00	4.75	4.75000	0.03184	0.15124
SUBTOTAL N					**1.70567**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL O				**0.00000**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		17.39255
INDIRECTOS (%)	15.00%	2.60888
UTILIDAD (%)	0.00%	0.00000
COSTO TOTAL DEL RUBRO		20.00
VALOR UNITARIO		**20.00**

SON: VEINTE DOLARES, 00/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 3 DE 8

RUBRO : 3 UNIDAD: U

DETALLE : REMOCION DE CABEZA DE PILOTE

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.28338
CORTADORA DE HORMIGON	1.00	25.00	25.00000	0.33300	8.32500
ROTOMARTILLO MANUAL	1.00	30.00	30.00000	0.33300	9.99000
SUBTOTAL M					**18.59838**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
OPERADOR DE CORTADORA	1.00	4.28	4.28000	0.33300	1.42524
OPERADOR DE ROTOMARTILLO	1.00	4.28	4.28000	0.33300	1.42524
PEON	2.00	4.23	8.46000	0.33300	2.81718
SUBTOTAL N					**5.66766**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
DISCO DE CORTE	GLB	0.20000	250.00	50.00000
SUBTOTAL O				**50.00000**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		74.26604
INDIRECTOS (%)	15.00%	11.13991
UTILIDAD (%)	0.00%	0.00000
COSTO TOTAL DEL RUBRO		85.41
VALOR UNITARIO		**85.41**

SON: OCHENTA Y CINCO DOLARES, 41/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 5 DE 8

RUBRO : 5 UNIDAD: M3

DETALLE : HORMIGON DE CABEZALES F'C=280 KG/CM2

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					1.30799
VIBRADOR DE MANGUERA	1.00	3.50	3.50000	0.66700	2.33450
SUBTOTAL M					**3.64249**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
MAESTRO MAYOR EJEC. OBRA CIVIL	0.20	4.75	0.95000	0.66700	0.63365
ALBAÑIL	2.00	4.28	8.56000	0.66700	5.70952
CARPINTERO	2.00	4.28	8.56000	0.66700	5.70952
PEON	5.00	4.23	21.15000	0.66700	14.10705
SUBTOTAL N					**26.15974**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
HORMIGON PREMEZCLADO F'C=280 KG/CM2	M3	1.05000	182.00	191.10000
ENCOFRADO	M2	1.05000	22.00	23.10000
SUBTOTAL O				**214.20000**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		244.00223
INDIRECTOS (%)	15.00%	36.60033
UTILIDAD (%)	0.00%	0.00000
COSTO TOTAL DEL RUBRO		280.60
VALOR UNITARIO		**280.60**

SON: DOSCIENTOS OCHENTA DOLARES, 60/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 6 DE 8

RUBRO : 6 UNIDAD: KG

DETALLE : ACERO DE REFUERZO DE CABEZALES FY= 4200 KG/CM2

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.02568
CORTADORA DE ACERO	3.00	3.00	9.00000	0.04000	0.36000
SUBTOTAL M					**0.38568**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
FIERRERO	3.00	4.28	12.84000	0.04000	0.51360
SUBTOTAL N					**0.51360**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
ACERO DE REFUERZO	KG	1.05000	0.90	0.94500
ALAMBRE GALVANIZADO #18	LB	0.05000	1.20	0.06000
SUBTOTAL O				**1.00500**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		1.90428
INDIRECTOS (%)	15.00%	0.28564
UTILIDAD (%)	0.00%	0.00000
COSTO TOTAL DEL RUBRO		2.19
VALOR UNITARIO		**2.19**

SON: DOS DOLARES, 19/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 7 DE 8

RUBRO : 7 UNIDAD: M2

DETALLE : SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMALLA

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.05418
SUBTOTAL M					**0.05418**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
PEON	4.00	4.23	16.92000	0.05000	0.84600
MAESTRO MAYOR EJEC. OBRA CIVIL	1.00	4.75	4.75000	0.05000	0.23750
SUBTOTAL N					**1.08350**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
GEOMALLA BX-100	M2	1.10000	4.31	4.74100
ACERO DE REFUERZO 8-12 MM	KG	1.00000	1.18	1.18000
SUBTOTAL O				**5.92100**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		7.05868
INDIRECTOS (%)	15.00%	1.05880
UTILIDAD (%)	0.00%	0.00000
COSTO TOTAL DEL RUBRO		8.12
VALOR UNITARIO		**8.12**

SON: OCHO DOLARES, 12/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 8 DE 8

RUBRO : 8 UNIDAD: GLB

DETALLE : EJECUCION DE PRUEBAS DE CARGA DINAMICA PDA, INCLUYE INFORME DE AJUSTE DE SEÑALES

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 0% de M.O.					0.00000
SUBTOTAL M					**0.00000**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
SUBTOTAL N					**0.00000**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
PRUEBA DE CARGA DINAMICA	GLB	1.00000	782.61	782.61000
SUBTOTAL O				**782.61000**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		782.61000
INDIRECTOS (%)	15.00%	117.39150
UTILIDAD (%)	0.00%	0.00000
COSTO TOTAL DEL RUBRO		900.00

SON: NOVECIENTOS DOLARES, 00/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Análisis de precios unitarios para solución con precarga.

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS **HOJA 1 DE 4**

RUBRO : 1 UNIDAD: M3

DETALLE : RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 0% de M.O.					0.00000
RETROEXCAVADIRA	0.50	30.00	15.00000	0.02990	0.44850
VOLQUETA	1.00	40.00	40.00000	0.02990	1.19600
RODILLO	0.50	45.00	22.50000	0.02990	0.67275
SUBTOTAL M					**2.31725**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
OPERADOR RETROEXCAVADORA	0.50	4.75	2.37500	0.02990	0.07101
CHOFER VOLQUETAS	1.00	6.22	6.22000	0.02990	0.18598
OPERADOR RODILLO	0.50	4.52	2.26000	0.02990	0.06757
SUBTOTAL N					**0.32456**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
MATERIAL PETREO VOLADO	M3	1.00000	4.40	4.40000
SUBTOTAL O				**4.40000**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		7.04181
INDIRECTOS (%)	10.00%	0.70418
UTILIDAD (%)	5.00%	0.35209
COSTO TOTAL DEL RUBRO		8.10
VALOR UNITARIO		**8.10**

SON: OCHO DOLARES, 10/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 2 DE 4

RUBRO : 2 UNIDAD: U

DETALLE : SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL DE ASENTAMIENTOS

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.44700
SOLADADORA ELECTRICA 360A 220V	0.50	2.76	1.38000	0.80000	1.10400
AMOLADORA	0.50	1.99	0.99500	0.80000	0.79600
SUBTOTAL M					**2.34700**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
PEON	1.00	4.23	4.23000	0.80000	3.38400
RESIDENTE DE OBRA	1.00	4.77	4.77000	0.80000	3.81600
SOLDADOR EN CONSTRUCCIÓN	0.50	4.35	2.17500	0.80000	1.74000
SUBTOTAL N					**8.94000**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
DISCO DE CORTE	U	0.91500	8.80	8.05200
SOLDADURA 6/11X1/8"	KG	0.14400	4.72	0.67968
PINTURA ANTICORROSIVA	GL	0.10000	20.81	2.08100
TUBERIA DE ACERO 3" Y e=2mm	KG	22.15000	1.25	27.68750
PLACA DE ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36	KG	92.00000	1.25	115.00000
PARANTE DE POLIETILENO CON BASE PARA COLOCACION DE ARENA	U	3.00000	23.00	69.00000
SUBTOTAL O				**222.50018**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		233.78718
INDIRECTOS (%)	10.00%	23.37872
UTILIDAD (%)	5.00%	11.68936
COSTO TOTAL DEL RUBRO		268.86
VALOR UNITARIO		**268.86**

SON: DOSCIENTOS SESENTA Y OCHO DOLARES, 86/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 3 DE 4

RUBRO : 3 UNIDAD: U

DETALLE : PRUEBAS DE DENSIDAD (DENSÍMETRO NUCLEAR)

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.17609
DENSIMETRO NUCLEAR	1.00	100.00	100.00000	0.39000	39.00000
SUBTOTAL M					**39.17609**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
LABORATORISTA: (EN CONSTRUCC.)	1.00	4.75	4.75000	0.39000	1.85250
AYUDANTE DE MAQUINARIA	1.00	4.28	4.28000	0.39000	1.66920
SUBTOTAL N					**3.52170**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL O				**0.00000**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		42.69779
INDIRECTOS (%)	10.00%	4.26978
UTILIDAD (%)	5.00%	2.13489
COSTO TOTAL DEL RUBRO		49.10
VALOR UNITARIO		**49.10**

SON: CUARENTA Y NUEVE DOLARES, 10/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 4 DE 4

RUBRO : 4

UNIDAD: DÍA

DETALLE : REGISTRO DE ASENTAMIENTOS

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.81270
EQUIPO TOPOGRAFICO	1.00	5.00	5.00000	1.80000	9.00000
CAMIONETA	1.00	30.00	30.00000	1.80000	54.00000
SUBTOTAL M					**63.81270**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
TOPÓGRAFO (EN CONSTRUCCIÓN)	1.00	4.75	4.75000	1.80000	8.55000
CADENERO	1.00	4.28	4.28000	1.80000	7.70400
SUBTOTAL N					**16.25400**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL O				**0.00000**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		80.06670
INDIRECTOS (%)	10.00%	8.00667
UTILIDAD (%)	5.00%	4.00334
COSTO TOTAL DEL RUBRO		92.08

SON: NOVENTA Y DOS DOLARES, 08/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Análisis de precios unitarios para solución con sobrecarga.

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS **HOJA 1 DE 4**

RUBRO : 1 UNIDAD: M3

DETALLE : RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 0% de M.O.					0.00000
RETROEXCAVADIRA	0.50	30.00	15.00000	0.02990	0.44850
VOLQUETA	1.00	40.00	40.00000	0.02990	1.19600
RODILLO	0.50	45.00	22.50000	0.02990	0.67275
SUBTOTAL M					**2.31725**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
OPERADOR RETROEXCAVADORA	0.50	4.75	2.37500	0.02990	0.07101
CHOFER VOLQUETAS	1.00	6.22	6.22000	0.02990	0.18598
OPERADOR RODILLO	0.50	4.52	2.26000	0.02990	0.06757
SUBTOTAL N					**0.32456**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
MATERIAL PETREO VOLADO	M3	1.00000	4.40	4.40000
SUBTOTAL O				**4.40000**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		7.04181
INDIRECTOS (%)	10.00%	0.70418
UTILIDAD (%)	5.00%	0.35209
COSTO TOTAL DEL RUBRO		8.10
VALOR UNITARIO		**8.10**

SON: OCHO DOLARES, 10/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 2 DE 4

RUBRO : 2 UNIDAD: U

DETALLE : SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL DE ASENTAMIENTOS

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.44700
SOLADADORA ELECTRICA 360A 220V	0.50	2.76	1.38000	0.80000	1.10400
AMOLADORA	0.50	1.99	0.99500	0.80000	0.79600
SUBTOTAL M					**2.34700**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
PEON	1.00	4.23	4.23000	0.80000	3.38400
RESIDENTE DE OBRA	1.00	4.77	4.77000	0.80000	3.81600
SOLDADOR EN CONSTRUCCIÓN	0.50	4.35	2.17500	0.80000	1.74000
SUBTOTAL N					**8.94000**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
DISCO DE CORTE	U	0.91500	8.80	8.05200
SOLDADURA 6/11X1/8"	KG	0.14400	4.72	0.67968
PINTURA ANTICORROSIVA	GL	0.10000	20.81	2.08100
TUBERIA DE ACERO 3" Y e=2mm	KG	22.15000	1.25	27.68750
PLACA DE ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36	KG	92.00000	1.25	115.00000
PARANTE DE POLIETILENO CON BASE PARA COLOCACION DE ARENA	U	3.00000	23.00	69.00000
SUBTOTAL O				**222.50018**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		233.78718
INDIRECTOS (%)	10.00%	23.37872
UTILIDAD (%)	5.00%	11.68936
COSTO TOTAL DEL RUBRO		268.86
VALOR UNITARIO		**268.86**

SON: DOSCIENTOS SESENTA Y OCHO DOLARES, 86/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 3 DE 4

RUBRO : 3 UNIDAD: U

DETALLE : PRUEBAS DE DENSIDAD (DENSÍMETRO NUCLEAR)

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.17609
DENSIMETRO NUCLEAR	1.00	100.00	100.00000	0.39000	39.00000
SUBTOTAL M					**39.17609**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
LABORATORISTA: (EN CONSTRUCC.)	1.00	4.75	4.75000	0.39000	1.85250
AYUDANTE DE MAQUINARIA	1.00	4.28	4.28000	0.39000	1.66920
SUBTOTAL N					**3.52170**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL O				**0.00000**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		42.69779
INDIRECTOS (%)	10.00%	4.26978
UTILIDAD (%)	5.00%	2.13489
COSTO TOTAL DEL RUBRO		49.10
VALOR UNITARIO		**49.10**

SON: CUARENTA Y NUEVE DOLARES, 10/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 4 DE 4

RUBRO : 4

UNIDAD: DÍA

DETALLE : REGISTRO DE ASENTAMIENTOS

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.81270
EQUIPO TOPOGRAFICO	1.00	5.00	5.00000	1.80000	9.00000
CAMIONETA	1.00	30.00	30.00000	1.80000	54.00000
SUBTOTAL M					**63.81270**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
TOPÓGRAFO (EN CONSTRUCCIÓN)	1.00	4.75	4.75000	1.80000	8.55000
CADENERO	1.00	4.28	4.28000	1.80000	7.70400
SUBTOTAL N					**16.25400**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL O				**0.00000**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		80.06670
INDIRECTOS (%)	10.00%	8.00667
UTILIDAD (%)	5.00%	4.00334
COSTO TOTAL DEL RUBRO		92.08

SON: NOVENTA Y DOS DOLARES, 08/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Análisis de precios unitarios para solución de precarga más drenes.

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS **HOJA 1 DE 6**

RUBRO : 1 UNIDAD: M3

DETALLE : RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 0% de M.O.					0.00000
RETROEXCAVADIRA	0.50	30.00	15.00000	0.02990	0.44850
VOLQUETA	1.00	40.00	40.00000	0.02990	1.19600
RODILLO	0.50	45.00	22.50000	0.02990	0.67275
SUBTOTAL M					**2.31725**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
OPERADOR RETROEXCAVADORA	0.50	4.75	2.37500	0.02990	0.07101
CHOFER VOLQUETAS	1.00	6.22	6.22000	0.02990	0.18598
OPERADOR RODILLO	0.50	4.52	2.26000	0.02990	0.06757
SUBTOTAL N					**0.32456**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
MATERIAL PETREO VOLADO	M3	1.00000	4.40	4.40000
SUBTOTAL O				**4.40000**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		7.04181
INDIRECTOS (%)	10.00%	0.70418
UTILIDAD (%)	5.00%	0.35209
COSTO TOTAL DEL RUBRO		8.10
VALOR UNITARIO		**8.10**

SON: OCHO DOLARES, 10/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 2 DE 6

RUBRO : 2 UNIDAD: M3

DETALLE : CAPA DRENANTE DE ARENA (E=0.30 M)

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.06270
RETROEXCAVADIRA	1.00	30.00	30.00000	0.08000	2.40000
VOLQUETA	1.00	40.00	40.00000	0.08000	3.20000
SUBTOTAL M					**5.66270**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
OPERADOR RETROEXCAVADORA	1.00	4.75	4.75000	0.08000	0.38000
CHOFER VOLQUETAS	1.00	6.22	6.22000	0.08000	0.49760
MAESTRO MAYOR EJEC. OBRA CIVIL	0.10	4.75	0.47500	0.08000	0.03800
PEON	1.00	4.23	4.23000	0.08000	0.33840
SUBTOTAL N					**1.25400**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
ARENA	M3	1.00000	8.00	8.00000
SUBTOTAL O				**8.00000**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		14.91670
INDIRECTOS (%)	10.00%	1.49167
UTILIDAD (%)	5.00%	0.74584
COSTO TOTAL DEL RUBRO		17.15
VALOR UNITARIO		**17.15**

SON: DIECISIETE DOLARES, 15/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 3 DE 6

RUBRO : 3 UNIDAD: M
DETALLE : SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE WICK DRAINS (L=17 M, S=3.5 M) INCLUYE PERFORACIÓN PREVIA

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.02359
EQUIPO TOPOGRAFICO	1.00	5.00	5.00000	0.02300	0.11500
GRUA HINCADORA DE DRENES	1.00	85.00	85.00000	0.02300	1.95500
SUBTOTAL M					**2.09359**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
TOPÓGRAFO (EN CONSTRUCCIÓN)	1.00	4.75	4.75000	0.02300	0.10925
CADENERO	1.00	4.28	4.28000	0.02300	0.09844
OPERADOR GRUA	1.00	4.75	4.75000	0.02300	0.10925
AYUDANTE DE MAQUINARIA	1.00	4.35	4.35000	0.02300	0.10005
INGENIERO CIVIL	0.50	4.77	2.38500	0.02300	0.05486
SUBTOTAL N					**0.47185**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
DREN VERTICAL PREFABRICADO	M	1.00000	4.00	4.00000
SUBTOTAL O				**4.00000**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		6.56544
INDIRECTOS (%)	10.00%	0.65654
UTILIDAD (%)	5.00%	0.32827
COSTO TOTAL DEL RUBRO		7.55
VALOR UNITARIO		**7.55**

SON: SIETE DOLARES, 55/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS **HOJA 4 DE 6**

RUBRO : 4 UNIDAD: U

DETALLE : SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL DE ASENTAMIENTOS

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.44700
SOLADADORA ELECTRICA 360A 220V	0.50	2.76	1.38000	0.80000	1.10400
AMOLADORA	0.50	1.99	0.99500	0.80000	0.79600
SUBTOTAL M					**2.34700**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
PEON	1.00	4.23	4.23000	0.80000	3.38400
RESIDENTE DE OBRA	1.00	4.77	4.77000	0.80000	3.81600
SOLDADOR EN CONSTRUCCIÓN	0.50	4.35	2.17500	0.80000	1.74000
SUBTOTAL N					**8.94000**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
DISCO DE CORTE	U	0.91500	8.80	8.05200
SOLDADURA 6/11X1/8"	KG	0.14400	4.72	0.67968
PINTURA ANTICORROSIVA	GL	0.10000	20.81	2.08100
TUBERIA DE ACERO 3" Y e=2mm	KG	22.15000	1.25	27.68750
PLACA DE ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36	KG	92.00000	1.25	115.00000
PARANTE DE POLIETILENO CON BASE PARA COLOCACION DE ARENA	U	3.00000	23.00	69.00000
SUBTOTAL O				**222.50018**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		233.78718
INDIRECTOS (%)	10.00%	23.37872
UTILIDAD (%)	5.00%	11.68936
COSTO TOTAL DEL RUBRO		268.86
VALOR UNITARIO		**268.86**

SON: DOSCIENTOS SESENTA Y OCHO DOLARES, 86/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS **HOJA 5 DE 6**

RUBRO : 5 UNIDAD: U

DETALLE : PRUEBAS DE DENSIDAD (DENSÍMETRO NUCLEAR)

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.17745
DENSIMETRO NUCLEAR	1.00	100.00	100.00000	0.39000	39.00000
SUBTOTAL M					**39.17745**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
LABORATORISTA: (EN CONSTRUCC.)	1.00	4.75	4.75000	0.39000	1.85250
AYUDANTE DE MAQUINARIA	1.00	4.35	4.35000	0.39000	1.69650
SUBTOTAL N					**3.54900**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL O				**0.00000**

TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		42.72645
INDIRECTOS (%)	10.00%	4.27265
UTILIDAD (%)	5.00%	2.13632
COSTO TOTAL DEL RUBRO		49.14
VALOR UNITARIO		**49.14**

SON: CUARENTA Y NUEVE DOLARES, 14/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

PROYECTO:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 6 DE 6

RUBRO : 6 UNIDAD: DÍA

DETALLE : REGISTRO DE ASENTAMIENTOS

EQUIPO DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.81270
EQUIPO TOPOGRAFICO	1.00	5.00	5.00000	1.80000	9.00000
CAMIONETA	1.00	30.00	30.00000	1.80000	54.00000
SUBTOTAL M					**63.81270**

MANO DE OBRA DESCRIPCION	*CANTIDAD A*	*JORNAL/HR B*	*COSTO HORA C=AxB*	*RENDIMIENTO R*	*COSTO D=CxR*
TOPÓGRAFO (EN CONSTRUCCIÓN)	1.00	4.75	4.75000	1.80000	8.55000
CADENERO	1.00	4.28	4.28000	1.80000	7.70400
SUBTOTAL N					**16.25400**

MATERIALES DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*PRECIO UNIT. B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL O				**0.00000**

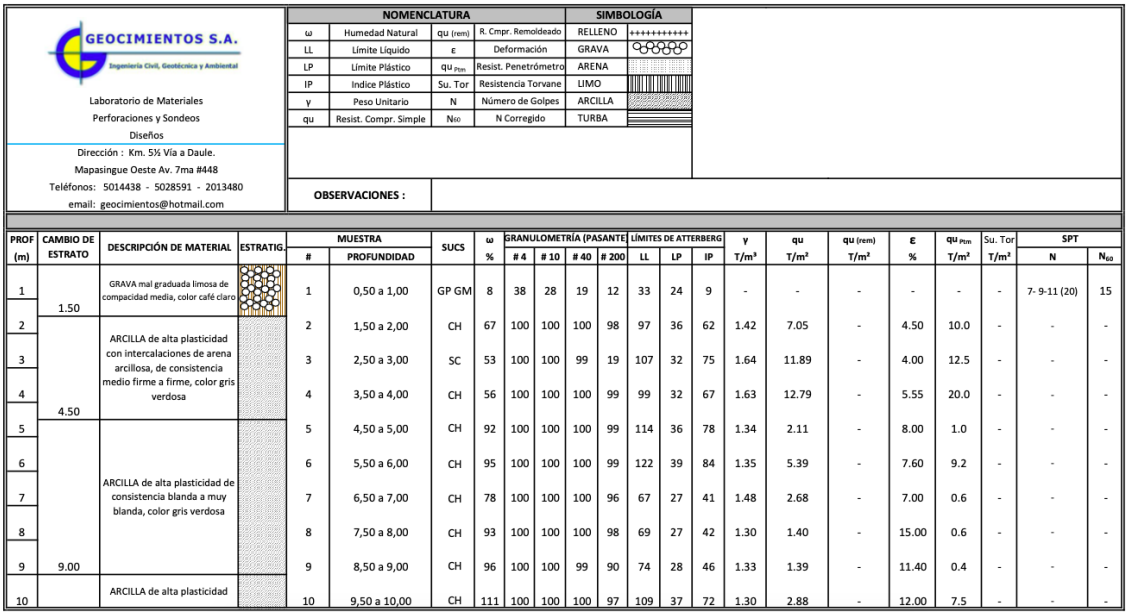
TRANSPORTE DESCRIPCION	*UNIDAD*	*CANTIDAD A*	*TARIFA B*	*COSTO C=AxB*
SUBTOTAL P				**0.00000**

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		80.06670
INDIRECTOS (%)	10.00%	8.00667
UTILIDAD (%)	5.00%	4.00334
COSTO TOTAL DEL RUBRO		92.08

SON: NOVENTA Y DOS DOLARES, 08/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Perfiles estratigráficos del sector analizado.



GEOCIMIENTOS S.A.
Ingeniería Civil, Geotécnica y Ambiental

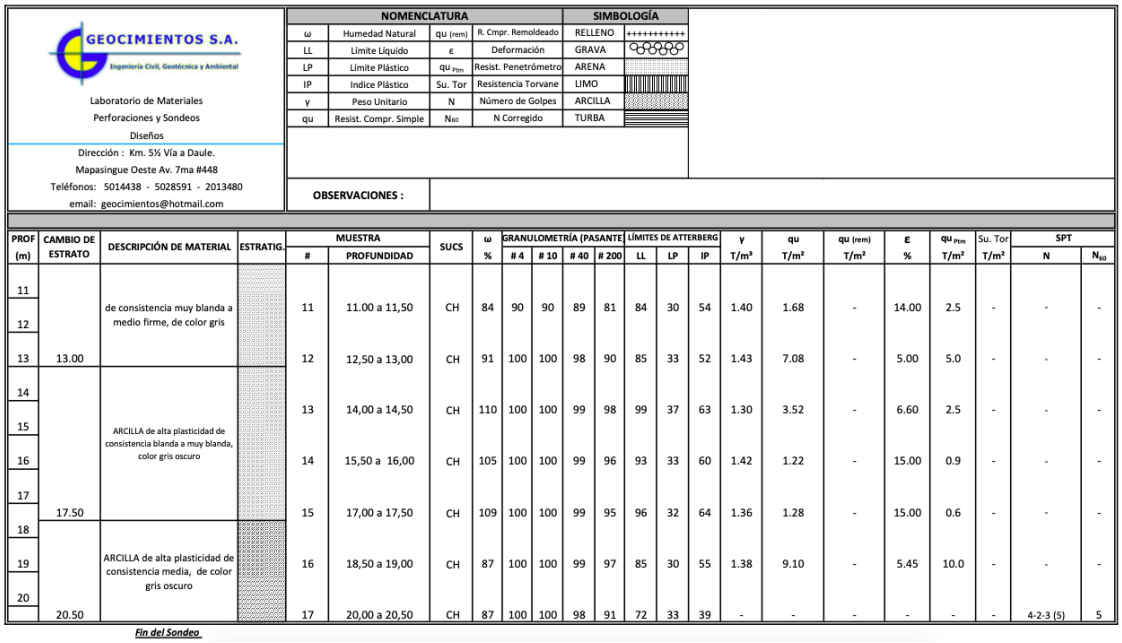
Laboratorio de Materiales
Perforaciones y Sondeos
Diseños

Dirección : Km. 5½ Vía a Daule.
Mapasingue Oeste Av. 7ma #448
Teléfonos: 5014438 - 5028591 - 2013480
email: geocimientos@hotmail.com

NOMENCLATURA				SIMBOLOGÍA	
ω	Humedad Natural	$qu_{(rem)}$	R. Cmpr. Remoldeado	RELLENO	++++++++++
LL	Límite Líquido	ε	Deformación	GRAVA	
LP	Límite Plástico	qu_{Ptm}	Resist. Penetrómetro	ARENA	
IP	Indice Plástico	Su. Tor	Resistencia Torvane	LIMO	
γ	Peso Unitario	N	Número de Golpes	ARCILLA	
qu	Resist. Compr. Simple	N_{60}	N Corregido	TURBA	

OBSERVACIONES :

PROF (m)	CAMBIO DE ESTRATO	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	ESTRATIG.	MUESTRA #	MUESTRA PROFUNDIDAD	SUCS	ω %	GRANULOMETRÍA (PASANTE # 4	# 10	# 40	# 200	LÍMITES DE ATTERBERG LL	LP	IP	γ T/m³	qu T/m²	$qu_{(rem)}$ T/m²	ε %	qu_{Ptm} T/m²	Su. Tor T/m²	SPT N	N_{60}
1	1.50	GRAVA mal graduada limosa de compacidad media, color café claro		1	0,50 a 1,00	GP GM	8	38	28	19	12	33	24	9	-	-	-	-	-	-	7- 9-11 (20)	15
2				2	1,50 a 2,00	CH	67	100	100	100	98	97	36	62	1.42	7.05	-	4.50	10.0	-	-	-
3		ARCILLA de alta plasticidad con intercalaciones de arena arcillosa, de consistencia medio firme a firme, color gris verdosa		3	2,50 a 3,00	SC	53	100	100	99	19	107	32	75	1.64	11.89	-	4.00	12.5	-	-	-
4	4.50			4	3,50 a 4,00	CH	56	100	100	100	99	99	32	67	1.63	12.79	-	5.55	20.0	-	-	-
5				5	4,50 a 5,00	CH	92	100	100	100	99	114	36	78	1.34	2.11	-	8.00	1.0	-	-	-
6				6	5,50 a 6,00	CH	95	100	100	100	99	122	39	84	1.35	5.39	-	7.60	9.2	-	-	-
7		ARCILLA de alta plasticidad de consistencia blanda a muy blanda, color gris verdosa		7	6,50 a 7,00	CH	78	100	100	100	96	67	27	41	1.48	2.68	-	7.00	0.6	-	-	-
8				8	7,50 a 8,00	CH	93	100	100	100	98	69	27	42	1.30	1.40	-	15.00	0.6	-	-	-
9	9.00			9	8,50 a 9,00	CH	96	100	100	99	90	74	28	46	1.33	1.39	-	11.40	0.4	-	-	-
10		ARCILLA de alta plasticidad		10	9,50 a 10,00	CH	111	100	100	100	97	109	37	72	1.30	2.88	-	12.00	7.5	-	-	-



GEOCIMIENTOS S.A.
Ingeniería Civil, Geotécnica y Ambiental

Laboratorio de Materiales
Perforaciones y Sondeos
Diseños

Dirección : Km. 5½ Vía a Daule.
Mapasingue Oeste Av. 7ma #448
Teléfonos: 5014438 - 5028591 - 2013480
email: geocimientos@hotmail.com

NOMENCLATURA				SIMBOLOGÍA	
ω	Humedad Natural	$qu_{(rem)}$	R. Cmpr. Remoldeado	RELLENO	++++++++++
LL	Límite Líquido	ε	Deformación	GRAVA	
LP	Límite Plástico	qu_{Ptm}	Resist. Penetrómetro	ARENA	
IP	Indice Plástico	Su. Tor	Resistencia Torvane	LIMO	
γ	Peso Unitario	N	Número de Golpes	ARCILLA	
qu	Resist. Compr. Simple	N_{60}	N Corregido	TURBA	

OBSERVACIONES :

PROF (m)	CAMBIO DE ESTRATO	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	ESTRATIG.	MUESTRA #	MUESTRA PROFUNDIDAD	SUCS	ω %	GRANULOMETRÍA (PASANTE # 4	# 10	# 40	# 200	LÍMITES DE ATTERBERG LL	LP	IP	γ T/m³	qu T/m²	$qu_{(rem)}$ T/m²	ε %	qu_{Ptm} T/m²	Su. Tor T/m²	SPT N	N_{60}
11																						
12		de consistencia muy blanda a medio firme, de color gris		11	11.00 a 11,50	CH	84	90	90	89	81	84	30	54	1.40	1.68	-	14.00	2.5	-	-	-
13	13.00			12	12,50 a 13,00	CH	91	100	100	98	90	85	33	52	1.43	7.08	-	5.00	5.0	-	-	-
14																						
15				13	14,00 a 14,50	CH	110	100	100	99	98	99	37	63	1.30	3.52	-	6.60	2.5	-	-	-
16		ARCILLA de alta plasticidad de consistencia blanda a muy blanda, color gris oscuro		14	15,50 a 16,00	CH	105	100	100	99	96	93	33	60	1.42	1.22	-	15.00	0.9	-	-	-
17																						
18	17.50			15	17,00 a 17,50	CH	109	100	100	99	95	96	32	64	1.36	1.28	-	15.00	0.6	-	-	-
19				16	18,50 a 19,00	CH	87	100	100	99	97	85	30	55	1.38	9.10	-	5.45	10.0	-	-	-
20		ARCILLA de alta plasticidad de consistencia media, de color gris oscuro																				
	20.50			17	20,00 a 20,50	CH	87	100	100	98	91	72	33	39	-	-	-	-	-	-	4-2-3 (5)	5

Fin del Sondeo

GEOCIMIENTOS S.A.
Ingeniería Civil, Geotécnica y Ambiental
Laboratorio de Materiales
Perforaciones y Sondeos
Diseños
Dirección : Km. 5½ Vía a Daule.
Mapasingue Oeste Av. 7ma #448
Teléfonos: 5014438 - 5028591 - 2013480
email: geocimientos@hotmail.com

NOMENCLATURA				SIMBOLOGÍA	
ω	Humedad Natural	$qu_{(rem)}$	R. Cmpr. Remoldeado	RELLENO	++++++++++
LL	Límite Líquido	ε	Deformación	GRAVA	
LP	Límite Plástico	qu_{Ptm}	Resist. Penetrómetro	ARENA	
IP	Indice Plástico	Su. Tor	Resistencia Torvane	LIMO	
γ	Peso Unitario	N	Número de Golpes	ARCILLA	
qu	Resist. Compr. Simple	N_{60}	N Corregido	TURBA	

OBSERVACIONES :

PROF (m)	CAMBIO DE ESTRATO	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	ESTRATIG.	MUESTRA #	MUESTRA PROFUNDIDAD	SUCS	ω %	GRANULOMETRÍA (PASANTE # 4	# 10	# 40	# 200	LÍMITES DE ATTERBERG LL	LP	IP	γ T/m³	qu T/m²	$qu_{(rem)}$ T/m²	ε %	qu_{Ptm} T/m²	Su. Tor T/m²	SPT N	N_{60}
1	1.30	RELLENO de GRAVA ARCILLOSA mal graduada, color café claro		1	0,50 a 1,00	GP GC	4	48	28	13	8	26	18	9	-	-	-	-	-	-	5- 8-11 (19)	14
2				2	1,50 a 2,00	CH	49	97	95	94	93	102	27	75	1.70	10.19	-	6.60	10.0	-	-	-
3		ARCILLA de alta plasticidad de consistencia medio firme, color gris verdoso		3	2,50 a 3,00	CH	57	100	100	100	100	120	32	87	1.59	5.68	-	2.10	12.5	-	-	-
4	4.50			4	3,50 a 4,00	CH	71	100	100	99	99	103	35	68	1.52	5.01	-	2.80	13.3	-	-	-
5				5	4,50 a 5,00	CH	101	100	100	99	97	90	33	57	1.40	3.23	-	8.00	1.7	-	-	-
6				6	5,50 a 6,00	CH	102	100	100	99	97	75	32	43	1.54	1.45	-	15.00	0.8	-	-	-
7		ARCILLA de alta plasticidad de consistencia blanda a muy blanda, color gris verdoso		7	6,50 a 7,00	CH	79	100	100	100	95	59	27	32	1.55	4.05	-	6.20	2.7	-	-	-
8				8	7,50 a 8,00	CH	79	100	100	99	90	59	27	33	-	-	-	-	-	-	1- 1-1 (2)	2
9				9	8,50 a 9,00	CH	98	100	100	100	94	68	29	39	-	-	-	-	-	-	1- 2-2 (4)	4
10				10	9,50 a 10,00	CH	109	100	100	99	92	69	28	42	-	-	-	-	-	-	1- 2-1 (3)	3

GEOCIMIENTOS S.A.
Ingeniería Civil, Geotécnica y Ambiental
Laboratorio de Materiales
Perforaciones y Sondeos
Diseños
Dirección : Km. 5½ Vía a Daule.
Mapasingue Oeste Av. 7ma #448
Teléfonos: 5014438 - 5028591 - 2013480
email: geocimientos@hotmail.com

NOMENCLATURA				SIMBOLOGÍA	
ω	Humedad Natural	$qu_{(rem)}$	R. Cmpr. Remoldeado	RELLENO	++++++++++
LL	Límite Líquido	ε	Deformación	GRAVA	
LP	Límite Plástico	qu_{Ptm}	Resist. Penetrómetro	ARENA	
IP	Indice Plástico	Su. Tor	Resistencia Torvane	LIMO	
γ	Peso Unitario	N	Número de Golpes	ARCILLA	
qu	Resist. Compr. Simple	N_{60}	N Corregido	TURBA	

OBSERVACIONES :

PROF (m)	CAMBIO DE ESTRATO	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	ESTRATIG.	MUESTRA #	MUESTRA PROFUNDIDAD	SUCS	ω %	GRANULOMETRÍA (PASANTE # 4	# 10	# 40	# 200	LÍMITES DE ATTERBERG LL	LP	IP	γ T/m³	qu T/m²	$qu_{(rem)}$ T/m²	ε %	qu_{Ptm} T/m²	Su. Tor T/m²	SPT N	N_{60}
11																						
12	11.50			11	11,00 a 11,50	CH	109	100	100	99	96	92	34	58	-	-	-	-	-	-	1-0-1 (1)	1
13				12	12,50 a 13,00	CH	98	100	100	99	83	69	26	42	1.38	3.36	-	7.00	2.5	-	-	-
14		ARCILLA de alta plasticidad de consistencia blanda a medio firme, color gris verdoso																				
15				13	14,00 a 14,50	CH	73	100	100	99	85	61	23	37	1.49	4.83	-	4.30	5.0	-	-	-
16				14	15,50 a 16,00	CH	106	100	100	99	98	112	38	74	1.40	5.51	-	3.20	5.0	-	-	-
17	17.50			15	17,00 a 17,50	CH	87	100	100	99	97	86	33	54	1.48	8.29	-	4.90	7.5	-	-	-
18																						
19		LIMO de alta plasticidad de consistencia blanda a medio firme, color gris verdoso		16	18,50 a 19,00	MH	92	100	100	99	95	83	40	43	1.44	4.34	-	6.00	2.5	-	-	-
20																						
	20.50			17	20,00 a 20,50	MH	89	100	100	100	98	79	38	41	-	-	-	-	-	-	3-3-4 (7)	7

Fin del Sondeo

GEOCIMIENTOS S.A.
Ingeniería Civil, Geotécnica y Ambiental

LABORATORIO DE MATERIALES
PERFORACIONES Y SONDEOS
DISEÑOS

Dirección : Km. 5½ Vía a Daule.
Mapasingue Oeste Av. 7ma #448
Teléfonos: 5014438 - 2013480
email: geocimientos@hotmail.com

NOMENCLATURA	
ω	Humedad Natural
LL	Límite Líquido
LP	Límite Plástico
IP	Indice Plástico
γ	Peso Unitario
qu	Resistencia Compr. Simple
qu (rem)	Resistencia Cmpr. Remoldeado
ε	Deformación
qu Ptm	Resistencia Penetrómetro
Su. Tor	Resistencia Torvane
N	Número de Golpes
N60	Número de Golpes (Corregido)

SIMBOLOGÍA	
RELLENO	++++++++++
GRAVA	
ARENA	
LIMO	
ARCILLA	
TURBA	

PROF (m)	CAMBIO DE ESTRATO	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	ESTRATIG.	MUESTRA #	MUESTRA PROFUNDIDAD	SUCS	ω %	GRANULOMETRÍA (PASANTE # 4	# 10	# 40	# 200	LÍMITES DE ATTERBERG LL	LP	IP	γ T/m³	qu T/m²	qu (rem) T/m²	ε %	qu Ptm T/m²	Su. Tor T/m²	SPT N	SPT N60
1		RELLENO , grava intercalado con arena en matriz arcillosa, color café claro		1	0,50 a 1,00	GC	9	50	40	25	14	29	16	13	-	-	-	-	-	-	8- 10-13 (23)	17
2	2.00			2	1,50 a 2,00	SC	20	70	49	33	29	74	25	50	-	-	-	-	-	-	15- 4-3 (7)	5
3		ARCILLA de alta plasticidad, de consistencia medio firme, color gris		3	2,50 a 3,00	CH	57	100	100	100	99	100	28	72	1.61	8.80	-	5.20	2.5	-	-	-
4	4.50			4	3,50 a 4,00	CH	80	100	100	100	99	101	38	62	1.43	7.68	-	5.00	5.0	-	-	-
5		ARCILLA de alta plasticidad, de consistencia blanda a muy blanda		5	4,50 a 5,00	CH	90	100	100	99	98	91	37	55	1.45	5.02	-	13.00	2.5	-	-	-
6	6.00			6	5,50 a 6,00	CH	98	98	97	97	92	78	33	45	1.40	0.89	-	14.00	0.5	-	-	-
7		LIMO de alta plasticidad de consistencia blanda a muy blanda, color gris verdoso		7	6,50 a 7,00	MH	83	100	100	98	85	51	31	20	1.56	1.10	-	14.00	0.8	-	-	-
8	8.00			8	7,50 a 8,00	MH	90	100	100	99	91	57	40	17	1.45	3.42	-	6.40	2.0	-	-	-
9		ARCILLA de alta plasticidad de consistencia muy blanda con intercalaciones de		9	8,50 a 9,00	CH	82	100	100	100	87	51	26	25	1.50	1.38	-	6.00	1.3	-	-	-
10				10	9,50 a 10,00	CH	109	98	98	96	87	76	33	43	1.46	0.17	-	2.60	0.6	-	-	-

GEOCIMIENTOS S.A.
Ingeniería Civil, Geotécnica y Ambiental

LABORATORIO DE MATERIALES
PERFORACIONES Y SONDEOS
DISEÑOS

Dirección : Km. 5½ Vía a Daule.
Mapasingue Oeste Av. 7ma #448
Teléfonos: 5014438 - 2013480
email: geocimientos@hotmail.com

NOMENCLATURA	
ω	Humedad Natural
LL	Límite Líquido
LP	Límite Plástico
IP	Indice Plástico
γ	Peso Unitario
qu	Resistencia Compr. Simple
qu (rem)	Resistencia Cmpr. Remoldeado
ε	Deformación
qu Ptm	Resistencia Penetrómetro
Su. Tor	Resistencia Torvane
N	Número de Golpes
N60	Número de Golpes (Corregido)

SIMBOLOGÍA	
RELLENO	++++++++++
GRAVA	
ARENA	
LIMO	
ARCILLA	
TURBA	

PROF (m)	CAMBIO DE ESTRATO	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	ESTRATIG.	MUESTRA #	MUESTRA PROFUNDIDAD	SUCS	ω %	GRANULOMETRÍA (PASANTE # 4	# 10	# 40	# 200	LÍMITES DE ATTERBERG LL	LP	IP	γ T/m³	qu T/m²	qu (rem) T/m²	ε %	qu Ptm T/m²	Su. Tor T/m²	SPT N	SPT N60
	10.50																					
11		ARENA LIMOSA, de color gris verdoso		11	11,00 a 11,50	SM	66	100	100	98	38	NP	NP	NP	1.45	1.37	-	5.00	2.5	-	-	-
12	12.00																					
13		ARCILLA de alta plasticidad de consistencia muy blanda a blanda, color gris		12	12,50 a 13,00	CH	98	100	100	100	89	84	34	50	1.43	2.92	-	5.00	2.5	-	-	-
14				13	14,00 a 14,50	CH	129	100	100	100	98	112	38	74	1.41	0.43	-	12.00	0.5	-	-	-
15																						
16				14	15,50 a 16,00	CH	88	100	100	99	93	84	32	53	1.43	4.27	-	7.00	7.5	-	-	-
17	16.50	LIMO de alta plasticidad, de consistencia medio firme		15	17,00 a 17,50	MH	89	100	100	99	94	51	29	22	1.41	6.26	-	3.40	10.0	-	-	-
18	18.00																					
19		ARCILLA de alta plasticidad de consistencia muy firme, color gris		16	18,50 a 19,00	CH	55	100	100	99	96	91	26	65	-	-	-	-	-	-	7-9-13 (22)	22
20																						
	20.50			17	20,00 a 20,50	CH	40	100	99	97	95	82	21	61	-	-	-	-	-	-	7-10-10 (20)	20

Fin del sondeo

GEOCIMIENTOS S.A.
Ingeniería Civil, Geotécnica y Ambiental

LABORATORIO DE MATERIALES
PERFORACIONES Y SONDEOS
DISEÑOS

Dirección : Km. 5½ Vía a Daule.
Mapasingue Oeste Av. 7ma #448
Teléfonos: 5014438 - 2013480
email: geocimientos@hotmail.com

NOMENCLATURA	
ω	Humedad Natural
LL	Límite Líquido
LP	Límite Plástico
IP	Indice Plástico
γ	Peso Unitario
qu	Resistencia Compr. Simple
qu (rem)	Resistencia Cmpr. Remoldeado
ε	Deformación
qu Ptm	Resistencia Penetrómetro
Su. Tor	Resistencia Torvane
N	Número de Golpes
N60	Número de Golpes (Corregido)

SIMBOLOGÍA
RELLENO
GRAVA
ARENA
LIMO
ARCILLA
TURBA

PROF (m)	CAMBIO DE ESTRATO	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	ESTRATIG.	MUESTRA #	MUESTRA PROFUNDIDAD	SUCS	ω %	GRANULOMETRÍA (PASANTE # 4	# 10	# 40	# 200	LÍMITES DE ATTERBERG LL	LP	IP	γ T/m³	qu T/m²	qu (rem) T/m²	ε %	qu Ptm T/m²	Su. Tor T/m²	SPT N	N_{60}
1	1.40	RELLENO , grava intercalado con arena en matriz arcillosa, color café claro		1	0,50 a 1,00	GP GC	3	54	35	18	11	30	22	8	-	-	-	-	-	-	9- 13-17 (30)	23
2		ARCILLA de alta plasticidad, de consistencia medio firme, color gris verdosa		2	1,50 a 2,00	CH	60	100	100	100	100	108	43	65	1.45	8.30	-	11.00	5.0	-	-	-
3	3.50			3	2,50 a 3,00	CH	80	100	100	100	99	107	31	76	1.40	4.15	-	3.85	5.0	-	-	-
4		ARCILLA de alta plasticidad, de consistencia muy blanda, color gris verdosa		4	3,50 a 4,00	CH	108	100	100	100	100	104	39	64	1.38	2.69	-	20.60	1.7	-	-	-
5				5	4,50 a 5,00	CH	91	100	100	100	100	107	34	73	1.44	0.66	-	25.00	1.6	-	-	-
6	6.50			6	5,50 a 6,00	CH	104	100	100	100	100	105	38	67	1.29	1.73	-	6.00	1.1	-	-	-
7		ARCILLA de alta plasticidad, de consistencia muy blanda, color gris verdosa		7	6,50 a 7,00	CH	104	100	100	99	95	67	32	34	1.43	1.30	-	24.80	1.5	-	-	-
8				8	7,50 a 8,00	CH	100	100	100	99	87	76	32	45	1.42	0.83	-	24.00	1.0	-	-	-
9				9	8,50 a 9,00	CL	62	100	100	100	73	47	25	22	1.65	2.60	-	14.00	14.2	-	-	-
10				10	9,50 a 10,00	CH	80	100	100	99	68	68	27	41	1.41	1.01	-	12.60	5.0	-	-	-

GEOCIMIENTOS S.A.
Ingeniería Civil, Geotécnica y Ambiental

LABORATORIO DE MATERIALES
PERFORACIONES Y SONDEOS
DISEÑOS

Dirección : Km. 5½ Vía a Daule.
Mapasingue Oeste Av. 7ma #448
Teléfonos: 5014438 - 2013480
email: geocimientos@hotmail.com

NOMENCLATURA	
ω	Humedad Natural
LL	Límite Líquido
LP	Límite Plástico
IP	Indice Plástico
γ	Peso Unitario
qu	Resistencia Compr. Simple
qu (rem)	Resistencia Cmpr. Remoldeado
ε	Deformación
qu Ptm	Resistencia Penetrómetro
Su. Tor	Resistencia Torvane
N	Número de Golpes
N60	Número de Golpes (Corregido)

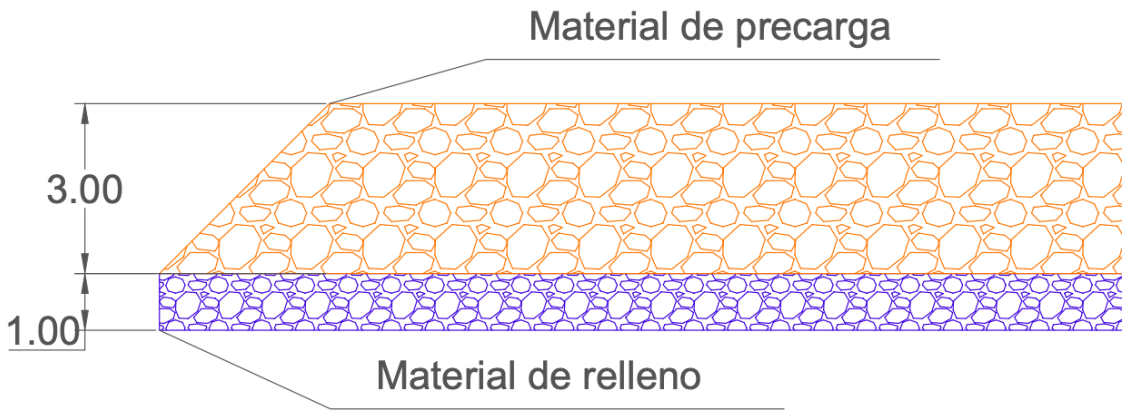
SIMBOLOGÍA
RELLENO
GRAVA
ARENA
LIMO
ARCILLA
TURBA

PROF (m)	CAMBIO DE ESTRATO	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	ESTRATIG.	MUESTRA #	MUESTRA PROFUNDIDAD	SUCS	ω %	GRANULOMETRÍA (PASANTE # 4	# 10	# 40	# 200	LÍMITES DE ATTERBERG LL	LP	IP	γ T/m³	qu T/m²	qu (rem) T/m²	ε %	qu Ptm T/m²	Su. Tor T/m²	SPT N	N_{60}
11		ARCILLA de alta plasticidad, de consistencia muy blanda, color gris verdosa		11	11,00 a 11,50	CH	81	100	100	100	83	70	25	45	1.20	3.68	-	4.20	6.7	-	-	-
12				12	12,50 a 13,00	CL	55	100	100	98	52	36	20	16	1.69	1.74	-	6.40	1.7	-	-	-
13	13.50			13	14,00 a 14,50	CH	107	100	100	99	98	104	33	71	1.42	9.00	-	4.40	5.0	-	-	-
14		ARCILLA de alta plasticidad, de consistencia medio firme, color gris verdosa		14	15,50 a 16,00	CH	107	100	100	99	94	86	26	60	1.42	6.40	-	5.20	2.5	-	-	-
15				15	17,00 a 17,50	CH	101	100	100	100	98	97	33	64	1.33	3.29	-	3.70	5.0	-	-	-
16				16	18,50 a 19,00	CH	88	100	100	99	93	74	28	46	1.45	7.97	-	4.50	7.5	-	-	-
17	19.50																					
18																						
19																						
20		ARCILLA de alta plasticidad, de consistencia firme.		17	20,00 a 20,50	CH	48	100	99	97	88	80	20	60	-	-	-	-	-	-	9-10-10 (20)	20
	20.50																					

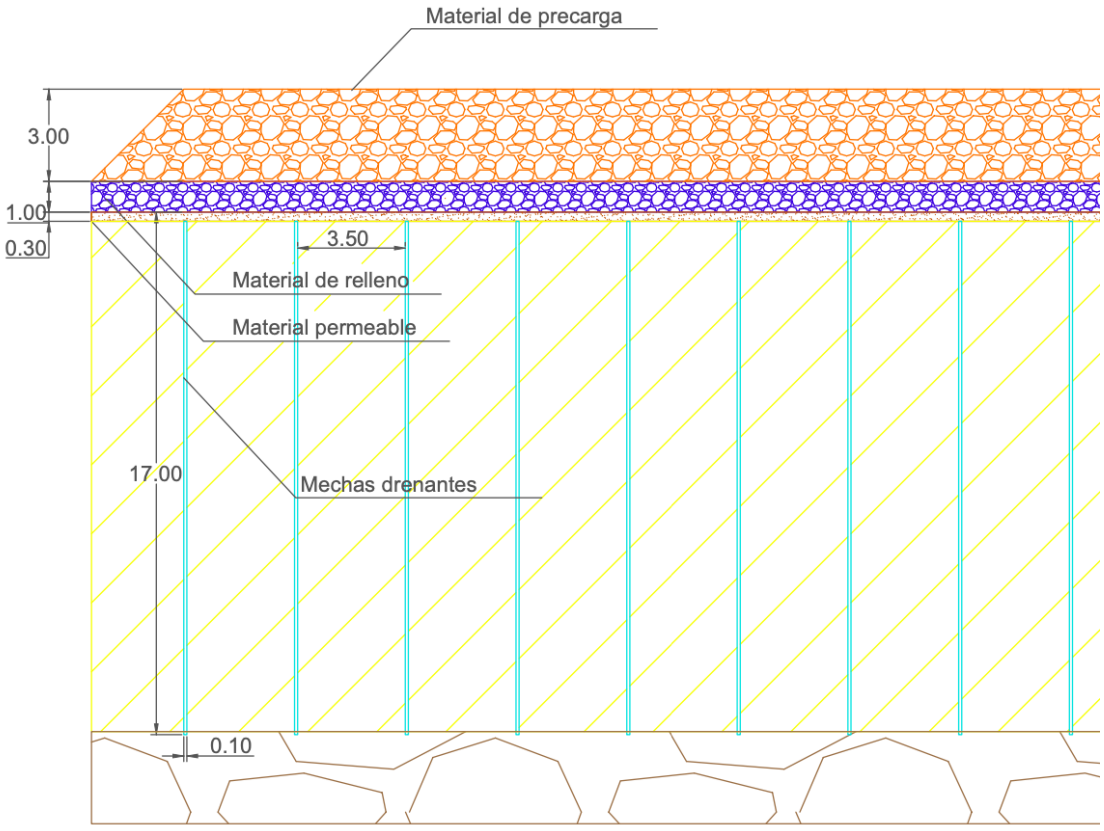
Fin del sondeo

Imágenes de referencia de cada solución implementada

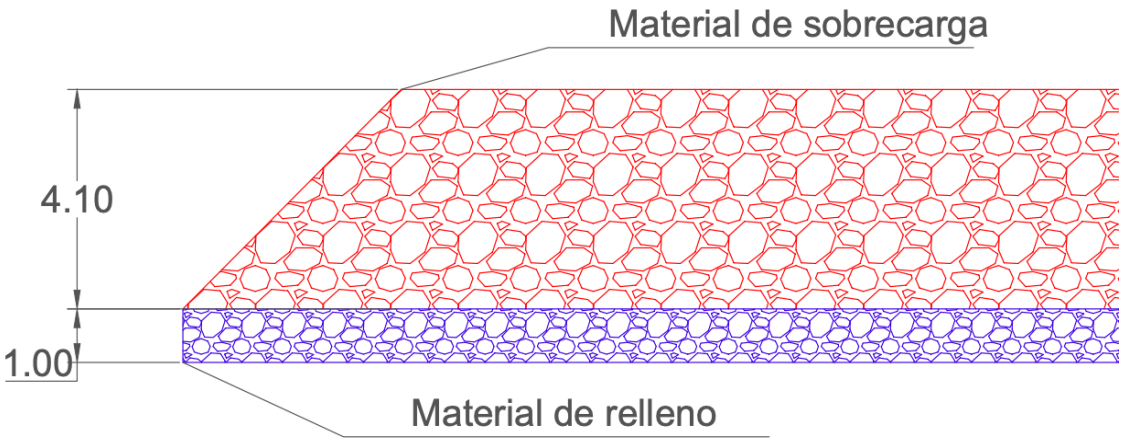
Precarga



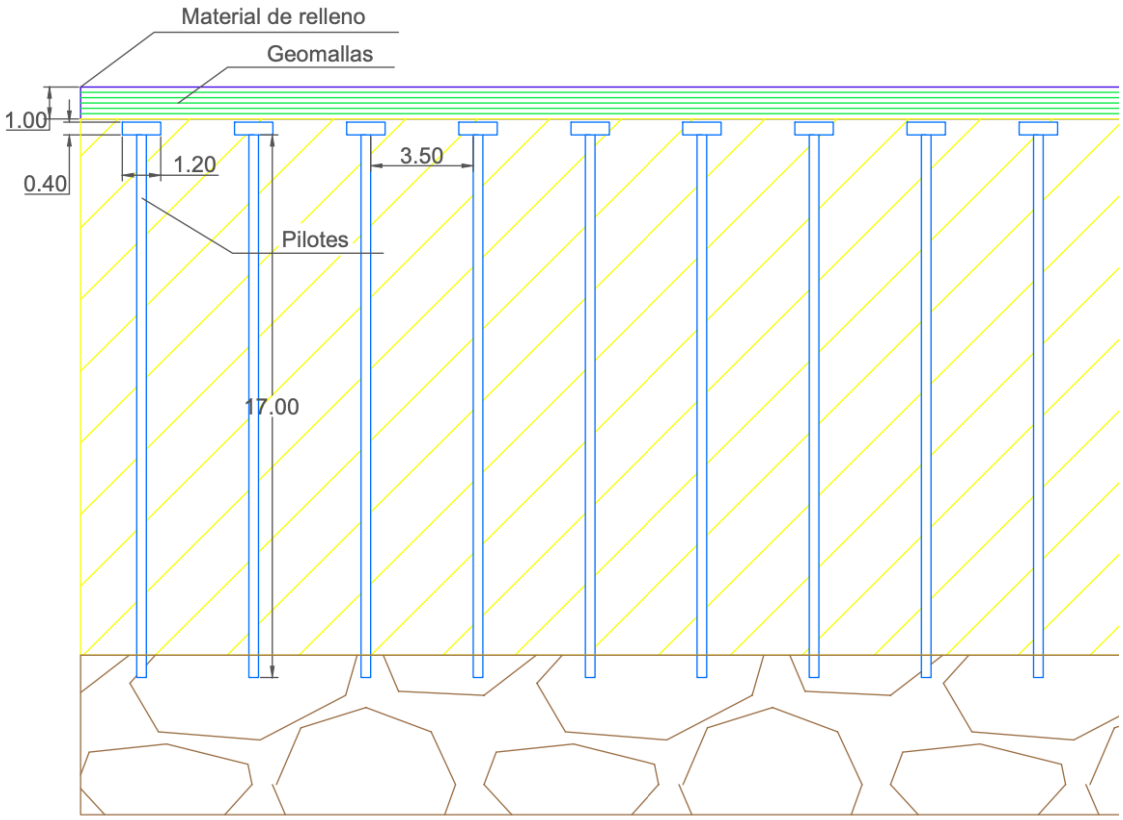
Precarga más drenes



Sobrecarga



Pilotes



REFERENCIAS

Agro Proyectos . (2022). *Densidad y marco de plantación del aguacate*. Obtenido de https://agroproyectos.org/densidad-y-marco-de-plantacion-del-aguacate/ al, C. e. (2009).

ARGOS. (2020). Obtenido de https://honduras.argos.co/constructor/cemento-vial-soluciones-para-el-desarrollo-vial-de-honduras/

AWD. (2025). Obtenido de https://www.awd-usa.com/espanol/productos

CALCINOR. (2020). *https://www.calcinor.com/es/actualidad/reviews-producto/cal-estabilizacion-de-suelos*. Obtenido de Calcinor.

CDT. (27 de Junio de 2024). Obtenido de Excavaciones: base sólida para el éxito en obra: https://www.cdt.cl/excavaciones-base-solida-para-el-exito-en-obra/

CeTeau. (2025). Obtenido de https://ceteau.com/es/products/vibro-compactaci%C3%B3n/

Columna de grava mediante vibrosustitución. (s/f). Upv.es. Recuperado el 29 de mayo de 2025, de https://victoryepes.blogs.upv.es/2021/01/06/columna-de-grava-mediante-vibrosustitucion-2/

Construmática. (2018). Obtenido de Ejecución de Cimentación por Micropilotes: https://www.construmatica.com/construpedia/Ejecuci%C3%B3n_de_Cimentaci%C3%B3n_por_Micropilotes

EASYCTE. (2022). Obtenido de https://easycte.com/pilotes/

EGSciences. (31 de Enero de 2023). *Técnicas de mejoramientos de los suelos: PARTE II*. Obtenido de

https://es.linkedin.com/pulse/t%C3%A9cnicas-de-mejoramientos-los-suelos-parte-ii-egsciences

GEO Polimeros. (s.f.). *Meha Drenante*. Obtenido de https://geopolimerossas.com/portfolio-item/mecha-drenante/

HUESKER. (s.f.). *Terraplenes sobre pilotes*. Obtenido de https://www.huesker.es/geosinteticos/aplicacion/explanaciones-y-cimentac/terraplenes/terraplenes-sobre-pilotes/

JH Soluciones Integrales. (2022). *TIPOS DE PILOTES SEGÚN EL MATERIAL*. Obtenido de https://www.sioingenieria.com/portal/novedades/tipos-de-pilotes-segun-el-material

Keller Group. (2025). *Vibrosustitución (Columnas de grava)*. Obtenido de https://www.keller.com.es/experiencia/tecnicas/vibrosustitucion-columnas-de-grava

La precarga como técnica para la mejora de terrenos. (s/f). Upv.es. Recuperado el 29 de mayo de 2025, de https://victoryepes.blogs.upv.es/2016/12/05/la-precarga/

LATERLITE. (s.f.). *LATERLITE*. Obtenido de https://www.laterlite.es/aplicaciones/geotecnia/terraplen-suelo-blando-baja-capacidad-portante/

López, N. (2014). *Sistema de precarga con vacío utilizando membrana hermética.*

MENARD. (2025). Obtenido de Especialistas en tratamientos del terreno: https://www.menard.es/

Ministerio de Fomento. (2002). *Guía de Cimentaciones. Dirección General de Carreteras .*

Mitchell, J. (1981). *Soil improvement: state of the art report 10th internacional conference on soil mechanics and foundation enineerin stockholm.*

NICHOLSON, P. (2015). *Soil improvement and ground modification methods. Elsevier, Butterworth-Heinemann, 472 pp.*

Norma López, J. M. (2016). *Sistemas de precarga con vacío para consolidación acelerada de suelos: membrana hermética o dren a dren.*

Reeneradores de suelo. (25 de Agosto de 2018). *ECOLO(GI)COS " REGENERADORES DE SUELO "*. Obtenido de https://regeneradoresdesuelo.blogspot.com/2018/08/roca-fosforica-para-aplicacion-directa.html

Schaefer. (1997).

Terratest. (2023). *Pilotes Terratest.* https://www.terratest.cl/tecnologia-mechas-drenantes.html.

VAN IMPE, W. (1989). *Soil improvement techniques and their evolution. A.A. Balkema, Rotterdam,77-88.*

Yepes, V. (28 de Septiembre de 2018). *Universitat Politécnica de Valencia* . Obtenido de https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/09/29/vagones-y-carros-perforadores/

Yepes, V. (28 de Enero de 2021). *Universitat Politécnica de Valencia*. Obtenido de https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/columnas-de-cal-cemento/

Yepez, V. (2016). *Universitat Politécnica de Valencia*. Obtenido de https://victoryepes.blogs.upv.es/2016/12/05/la-precarga/

(dic), I. Z. M. (2023, julio 31). ¿Qué es un geodren? geotecnia.AI. https://geotecnia.ai/que-es-un-geodren/

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Lara Samaniego, Rodney Javier**, con C.C: # **0604620054** autor del trabajo de titulación: **Análisis de alternativas de soluciones geotécnicas para cimentaciones de estructuras tipo naves industriales, ubicadas en el cantón Yaguachi, provincia del Guayas** previo a la obtención del grado de **MAGÍSTER EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 19 de agosto de 2025

f. _____

Nombre: **Lara Samaniego, Rodney Javier**

C.C: **0604620054**

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Loaiza Tacury Jefferson Ronald**, con C.C: # **0704690312** autor del trabajo de titulación: **Análisis de alternativas de soluciones geotécnicas para cimentaciones de estructuras tipo naves industriales, ubicadas en el cantón Yaguachi, provincia del Guayas** previo a la obtención del grado de **MAGÍSTER EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 19 de agosto de 2025

f. _____

Nombre: **Loaiza Tacury, Jefferson Ronald**

C.C: **0704690312**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis de alternativas de soluciones geotécnicas para cimentaciones de estructuras tipo naves industriales, ubicadas en el cantón Yaguachi, provincia del Guayas.		
AUTOR(ES)	Lara Samaniego Rodney Javier - Loaiza Tacury Jefferson Ronald		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Carlos Andrés Grau Sacoto, Ms. C.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:	Maestría en Ingeniería de la Construcción		
GRADO OBTENIDO:	Magíster en Ingeniería de la Construcción		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	19 de agosto de 2025	**No. DE PÁGINAS:**	111
ÁREAS TEMÁTICAS:	Soluciones geotécnicas para cimentaciones, naves industriales, perfil estratigráfico idealizado, Settle3, análisis económico.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Soluciones geotécnicas, Cimentaciones, Naves industriales, Asentamientos, Modelación, Consolidación, Análisis económico.		

RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):

El presente trabajo de titulación es desarrollado con la finalidad de realizar el análisis de alternativas que puedan ser aplicadas como soluciones geotécnicas para cimentaciones de estructuras tipo naves industriales, ubicadas en el cantón Yaguachi, provincia del Guayas, para este efecto se deberán analizar las características del suelo presente en el sitio de estudio, tomando en cuenta los asentamientos que se presentarán para cada una de las alternativas. Para realizar dicho análisis se deberá iniciar con la recopilación de información mediante la visita al lugar a intervenir, esto con la finalidad de identificar las zonas de toma de muestras para realizar un perfil estratigráfico idealizado, posterior a esto y una vez identificada la calidad del suelo se procederá a seleccionar cuatro alternativas de soluciones geotécnicas para cimentaciones que se acoplen a las necesidades de la infraestructura a edificar y la factibilidad para el desarrollo de las mismas, estas alternativas serán modeladas en el software Settle3, este programa posee gran capacidad de modelación y análisis por lo que se utiliza para realizar la simulación del comportamiento de sistemas de soluciones geotécnicas para cimentaciones. Posterior a la modelación y determinación del tiempo de consolidación del terreno bajo cada posible sistema geotécnico para cimentaciones se determinará la relación costo versus tiempo para industrias pequeñas, medianas y grandes mediante un análisis económico que pueda guiar al empresario a tomar una decisión que pueda beneficiarlo respecto a la inversión que realizará de acuerdo a cada nivel de industria.

ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	**Teléfono:** +593-97-994-4153 +593-98-761-1580	E-mail: rjavier1995@hotmail.com jeffersonloaizat@gmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	**Nombre:** Rommel Yela Acosta	
	Teléfono: +593-995934871	
	E-mail: rommel.yela@cu.ucsg.edu.ec	

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA	
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	