



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE LA
CIMENTACIÓN DE UN RESERVORIO DE CABECERA DE
20.000 M3 EN EL SECTOR 330 VILLA MARÍA DEL
TRIUNFO - LIMA**

PRESENTADA POR

MARIA CRISTINA ADAUTO BARZOLA

JINA CHUEY LING CHEONG LIZÁRRAGA

ASESOR

GONZALO FANO MIRANDA

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

LIMA – PERÚ

2018



CC BY-NC-ND

Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada

La autora sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE LA
CIMENTACIÓN DE UN RESERVORIO DE CABECERA DE
20,000 M³ EN EL SECTOR 330
VILLA MARÍA DEL TRIUNFO - LIMA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

PRESENTADA POR

**ADAUTO BARZOLA, MARIA CRISTINA
CHEONG LIZÁRRAGA, JINA CHUEY LING**

LIMA – PERÚ

2018



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE LA
CIMENTACIÓN DE UN RESERVORIO DE CABECERA DE
20,000 M³ EN EL SECTOR 330
VILLA MARÍA DEL TRIUNFO - LIMA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

PRESENTADA POR

**ADAUTO BARZOLA, MARIA CRISTINA
CHEONG LIZÁRRAGA, JINA CHUEY LING**

LIMA – PERÚ

2018

Dedico a mis padres, quienes siempre me apoyaron incondicionalmente.

A mi hermano mayor quien me brindó su apoyo y compañía a lo largo de toda mi vida.

Maria Cristina Aauto Barzola

Agradezco a los ingenieros que nos guiaron en la elaboración de la tesis.

Al Ing. José Verástegui Maita, por su apoyo incondicional.

A todos quienes nos ayudaron en el largo del proyecto.

Maria Cristina Aauto Barzola

Dedico en primer lugar a Dios y a mi abuelita que me cuidan desde lo más alto.

A mis padres, quienes me han apoyado incondicionalmente desde el inicio de mi carrera.

A mis hermanos, por compartirlo todo conmigo, por brindarme su ayuda cuando la necesité y por cada uno de sus consejos.

Jina Chuey Ling Cheong Lizárraga

Agradezco a los ingenieros que nos guiaron a lo largo de la carrera en la elaboración de nuestra tesis.

Al Ing. José Verástegui Maita, por permitirnos el acceso a su empresa y al uso de información requerida para la investigación.

A todos aquellos que nos apoyaron durante este tiempo.

Jina Chuey Ling Cheong Lizárraga

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Descripción de la Situación Problemática	1
1.2 Formulación del Problema	2
1.3 Objetivos de la Investigación	3
1.4 Justificación e Importancia de la Investigación	4
1.5 Alcances y Limitaciones Del Estudio	5
1.6 Viabilidad	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la Investigación	7
2.2 Base Teórica	12
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES	
3.1 Hipótesis	36
3.2 Variables	37
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	
4.1 Diseño Metodológico	38

4.2	Diseño muestral	39
4.3	Instrumentos de Recoleccion de Datos	39
4.4	Procedimientos	40
4.5	Procesamiento de datos	41
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS		
5.1	Resultados, Análisis e Interpretacion de la Investigación	42
CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN		
6.1	Contraste de las hipótesis	101
6.2	Ensayos Fundamentales	103
6.3	Tratamientos de Suelos	104
6.4	Cimentación para el tipo de suelo	107
6.5	Asentamiento	126
6.6	Tipos de reservorios	128
CONCLUSIONES		129
RECOMENDACIONES		130
GLOSARIO		132
FUENTES DE INFORMACIÓN		135
ANEXOS		139

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Abertura de las mallas (mm)	24
Tabla 2. Pesas por cargas a utilizar en Corte directo	27
Tabla 3. Operalización de variable independiente	37
Tabla 4. Codificación de calicatas	45
Tabla 5. Muestreo de calicata C - 1	48
Tabla 6. Muestreo de calicata C - 2	49
Tabla 7. Muestreo de calicata C - 3	50
Tabla 8. Muestreo de calicata C - 4	51
Tabla 9. Muestreo de calicata C - 5	52
Tabla 10. Factores de Zona	58
Tabla 11. Factor de suelo	60
Tabla 12. Periodos	60
Tabla 13. Factor de uso según estructura	61
Tabla 14. Factor de diseño	62
Tabla 15. Tamizado de la calicata C - 1	64
Tabla 16. Límites de consistencia de C - 1	65
Tabla 17. Tamizado de la calicata C - 2	67
Tabla 18. Límites de consistencia de C - 2	68
Tabla 19. Tamizado de la calicata C - 3	70
Tabla 20. Límites de consistencia de C - 3	71
Tabla 21. Tamizado de la calicata C - 4	73
Tabla 22. Límites de consistencia de C - 4	74

Tabla 23. Tamizado de la calicata C - 5	76
Tabla 24. Límites de consistencia de C - 5	77
Tabla 25. Toma de datos (1) para Corte directo de C - 3	80
Tabla 26. Deformación Unitaria y Esfuerzo cortante (1)	81
Tabla 27. Toma de datos (2) para Corte directo de C - 3	82
Tabla 28. Deformación Unitaria y Esfuerzo cortante (2)	84
Tabla 29. Toma de datos (3) para Corte directo de C - 3	85
Tabla 30. Deformación Unitaria y Esfuerzo cortante (3)	86
Tabla 31. Detalles según ángulo de fricción	89
Tabla 32. Tipo de terreno por ángulo de fricción	90
Tabla 33. Datos del ensayo de proctor estándar C-3	92
Tabla 34. Contenido de Sulfatos de la calicata C - 1	94
Tabla 35. Requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfato	95
Tabla 36. Requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos y cloruros	96
Tabla 37. Contenido de Cloruros C - 1	96
Tabla 38. Contenido de Sulfatos de la calicata C - 2	97
Tabla 39. Contenido de Cloruros C - 2	97
Tabla 40. Contenido de Sulfatos de la calicata C - 3	98
Tabla 41. Contenido de Cloruros C - 3	98
Tabla 42. Contenido de Sulfatos de la calicata C - 4	99
Tabla 43. Contenido de Cloruros C - 4	99
Tabla 44. Contenido de Sulfatos de la calicata C - 5	99
Tabla 45. Contenido de Cloruros C - 5	100
Tabla 46. Tipos de cimentación	113
Tabla 47. Carga admisible (1)	114
Tabla 48. Carga admisible (2)	118
Tabla 49. Carga admisible (3)	125
Tabla 50. Capacidad portante admisible	126

Tabla 51. Cálculo de Cd

127

Tabla 52. Asentamientos

128

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Proceso de manipulación de muestras	20
Figura 2. Ubicación de calicatas	44
Figura 3. Corte transversal de la calicata C - 1	48
Figura 4. Calicata C - 1	48
Figura 5. Corte transversal de la calicata C - 2	49
Figura 6. Calicata C - 2	49
Figura 7. Corte transversal de la calicata C - 3	50
Figura 8. Calicata C - 3	50
Figura 9. Corte transversal de la calicata C - 4	51
Figura 10. Calicata C - 4	51
Figura 11. Corte transversal de la calicata C - 5	52
Figura 12. Calicata C - 5	52
Figura 13. Mapa de zonificación sísmica	58
Figura 14. Curva granulométrica de la calicata C - 1	66
Figura 15. Curva granulométrica de la calicata C - 2	69
Figura 16. Curva granulométrica de la calicata C - 3	72
Figura 17. Curva granulométrica de la calicata C - 4	75
Figura 18. Curva granulométrica de la calicata C - 5	78
Figura 19. Ensayo de granulometría por tamizado	78
Figura 20. Pesas para carga de corte directo	81
Figura 21. Corte de la muestra (1) C - 3	82
Figura 22. Ensayo de corte directo	83

Figura 23. Corte de la muestra (2) C - 3	85
Figura 24. Aparato de corte	86
Figura 25. Corte de la muestra (3) C - 3	87
Figura 26. Curva de corte directo C - 3	87
Figura 27. Relación esfuerzo cortante y esfuerzo normal	88
Figura 28. Curva de contenido de humedad C - 3	93
Figura 29. Medidas del reservorio RPP - 04	110
Figura 30. Muro de concreto del reservorio RPP - 04	111

RESUMEN

Esta investigación tiene como principal objetivo la obtención de los parámetros que se utilizarán para la determinación del tipo de cimentación que se empleará para la construcción de un reservorio de agua, con una capacidad de 20,000 m³; la cual abastecerá al distrito de Villa María del Triunfo.

Durante la elaboración del presente, se realizaron trabajos de campo así como ensayos de laboratorio; sujetos a la Norma E.050 de Suelos y Cimentaciones y de la Norma E.050 de Sismorresistencia.

La información obtenida, los resultados, fueron recopilados, graficados y analizados de acuerdo a los parámetros establecidos en las normas, se dieron las respectivas recomendaciones acerca de la cimentación que se ejecutaría; estas según el tipo de suelo que se encontró en dicho distrito.

Palabras claves: Estudio de Mecánica de Suelos, Ensayos de laboratorio, Factor de zona sísmica (Z).

ABSTRACT

The main objective of this research is to obtain the parameters that will be used to determine the type of foundation that will be used for the construction of a water reservoir, with a capacity of 20,000 m³; which will supply the district of Villa María del Triunfo.

During the elaboration of this investigation, field works were carried out as well as laboratory tests; all of the subject to the E.050 Standard of Soil and Foundations and of the E.050 Standard of Seismic Resistance.

The information obtained and the results were compiled, plotted and analyzed, according to the parameters established in the cited standards; likewise, the recommendations about the foundation to be carried out were given taking into account the type of soil that was found in the district under study.

Key words: soil mechanics study, laboratory tests, seismic zone factor (Z)

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, más del 60% de las construcciones ejecutadas en nuestro país son autoconstrucciones; esto quiere decir, que son elaboradas sin ningún conocimiento previo de la zona, o estudios geotécnicos. Se suma a ello la falta de importancia que le dan a los estudios previos de un proyecto, generan la inestabilidad de las obras en el Perú, por ende, accidentes y pérdidas.

El distrito de Villa María del Triunfo, así como gran parte de Lima, ha tenido un aumento demográfico muy notable en los últimos años. Este distrito aumentó un 2.8% de tan solo un año que generó una mayor demanda de agua potable en ciertas zonas del distrito, lo cual tuvo como consecuencia la ineficacia de los reservorios ubicados en los alrededores; razón por la cual el distrito se ve forzado al implemento de otro de mayor capacidad, que pueda abastecer al resto de los reservorios de Villa María del Triunfo.

La incidencia de un estudio geotécnico para un proyecto como el mencionado, demostrará la importancia de los resultados que se obtendrán y lo influyentes que son para la ejecución del mismo; así como también, dará a conocer las limitaciones que se generan para ejecutarlas.

Este estudio se verá sujeto a las normativas respectivas a emplear, deberá cumplir con cada una las especificaciones y ha de realizar cada ensayo que se propone; con el fin de obtener una buena base para el proyecto.

Finalmente, la presente tesis tiene una estructura de seis capítulos. En el capítulo I se desarrolla la problemática de la investigación, el planteamiento del problema, la justificación de la investigación, la viabilidad del estudio, sus limitaciones; así como sus objetivos generales y específicos.

En el capítulo II se desarrolla el marco teórico, es decir los antecedentes de la investigación, entre ellas nacionales e internacionales, sus bases teóricas y su marco conceptual.

En el capítulo III Se definen las hipótesis y variables; lo que se quiere obtener con esta investigación, así como sus indicadores y parámetros de evaluación.

En el capítulo IV se desarrolló la metodología de la investigación, el nivel de investigación, el diseño, la población y muestra, sus técnicas de investigación, así como los instrumentos utilizados para la recolección de los datos.

En el capítulo V se plasman los resultados de la investigación y se realiza la interpretación y contrastación con las hipótesis generadas al inicio.

En el capítulo VI se enfoca en la discusión de la investigación, es decir la comparación de los resultados con otros obtenidos en investigaciones similares. Al final se presentan las conclusiones de la investigación y sus respectivas recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la situación problemática

Para la ejecución de cualquier proyecto u obra de ingeniería civil o edificación, es necesario conocer las características del terreno donde se vaya a trabajar. En la actualidad, existen muchas construcciones informales las cuales no toman en cuenta ningún estudio previo de los suelos en los que se encuentran; así como también, hay obras que, para reducir costos, toman estudios ya realizados en la zona sin saber las consecuencias que estas pueden ocasionar.

El objetivo fundamental de estos estudios geotécnicos es brindar la estabilidad y permanencia de las obras, evitar situaciones de inestabilidad o movimientos de la estructura, y principalmente eludir cuanto más sea posible, el riesgo de pérdidas económicas, materiales y humanas.

El distrito de Villa María del Triunfo, cuenta con características que influyen directamente en la vulnerabilidad de la zona ante un riesgo sísmico. El tipo de suelo y geomorfología del distrito tienen una importancia de primer orden, pues la conformación del terreno (arenas de origen eólico o laderas inestables), incrementan el peligro sísmico.

Asimismo, el distrito ha tenido un incremento poblacional de un aproximado de 2.8% desde el 2015 al 2017; por lo que se ve obligado a realizar obras de abastecimiento; en este caso un proyecto de construcción de un reservorio de agua potable de 20,000 m³.

Para este tipo de proyectos u otros que se vayan a realizar en la zona es necesario un estudio geotécnico que esté ligado a las especificaciones técnicas que nos indica la norma; para lo cual se realizaron diversos tipos de ensayos:

- Ensayo de Contenido de Humedad. NTP 339.127
- Análisis Granulométrico. NTP 339.128
- Métodos de Clasificación de Suelos (SUCS). NTP 339.134
- Descripción e identificación de suelos. NTP 339.150
- Ensayo de Proctor Estándar. NTP 339.142
- Contenido de Sales Solubles totales en Suelos y Agua Subterránea. NTP 339.152
- Ensayo de Corte Directo. NTP 339.171
- Contenido de Cloruros Solubles en suelos y Agua Subterránea. NTP 339.177
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma de Obras Sanitarias OS.030

1.2 Formulación del problema

- **Problema general**

¿En qué medida incide el **estudio geotécnico** en el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20,000 m³, en el sector 330 de Villa María del Triunfo?

- **Problemas específicos**

¿En qué medida incide el **estudio geológico** para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20,000 m³ en el sector 330 de Villa María del Triunfo?

¿En qué medida incide el **ensayo de granulometría** para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20,000 m³ en el sector 330 de Villa María del Triunfo?

¿En qué medida incide la **prueba de corte directo** para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20,000 m³ en el sector 330 de Villa María del Triunfo?

¿En qué medida incide la **prueba de proctor estándar** para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20,000 m³ en el sector 330 de Villa María del Triunfo?

¿En qué medida incide el **análisis químico** para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20,000 m³ en el sector 330 de Villa María del Triunfo?

1.3 Objetivos de la investigación

- **Objetivo general**

Evaluar la incidencia del **estudio geotécnico** para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20,000 m³ en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

- **Objetivos específicos**

Realizar el **estudio geológico** para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20,000 m³ en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

Ejecutar el **ensayo de granulometría** para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20,000 m³ en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

Determinar la **prueba de corte directo** para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20,000 m³ en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

Realizar la **prueba de proctor estándar** para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20,000 m³ en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

Ejecutar la **prueba de consolidación** para el diseño de cimentación de un reservorio de cabecera de 20,000 m³ en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

Realizar los **análisis químicos** para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20,000 m³ en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

1.4 Justificación e importancia de la investigación

La presente investigación es para determinar el estudio geotécnico para el diseño de un reservorio de 20,000 m³ en el sector 330 de Villa María del Triunfo, debido a que es un distrito que no cuenta con muchos reservorios de agua para abastecer la demanda de la población.

El estudio geotécnico es uno de los más importantes porque es la base estructural de cualquier proyecto de construcción, el cual depende de un

buen estudio de mecánica de suelos para poder determinar el tipo de cimentación que se va a realizar; este se tendrá en cuenta para la magnitud del proyecto, asimismo el tipo de estructura con el que se llevará a cabo dicha obra de construcción.

También determina los parámetros que se van a utilizar, las propiedades que ofrece el terreno donde se ubicará el proyecto dado, así también como los puntos críticos del tipo de suelo que se puede encontrar al realizar los estudios donde se proyecta la obra.

Además, el estudio geotécnico proporciona una buena base para el proyecto del reservorio, el cual tiene la finalidad de brindar beneficios a la población aledaña, dando soluciones al abastecimiento de agua potable a viviendas, colegios, hospitales, comercios. También, dará mayor salubridad a la población al generar mejor calidad de vida a los ciudadanos.

1.5. Alcances y limitaciones del estudio

En la presente investigación se planteará determinar el estudio geotécnico para la realización de un proyecto de construcción de un reservorio de cabecera de 20,000 m³ en el sector 330 de Villa María del Triunfo, para el cual se realizará la extracción de muestras del suelo que se tiene en el terreno, y determinar la composición del suelo y sus estratos, tipo de suelo, la cohesión, ángulo de fricción interna, la capacidad de carga última, la humedad óptima, densidad seca máxima, asentamiento diferencial, contenidos de sales, potencial de hidrógenos(pH), conductividad eléctrica, así como la sismicidad de la zona.

Finalmente, se concluirá con los estudios geotécnicos obteniendo las características finales del suelo para determinar el diseño de cimentación.

Como principales limitaciones para la realización de los ensayos de laboratorio y gabinete, fue el acceso a los laboratorios, ya que no todos tienen la maquinaria necesaria para realizar los ensayos y el escaso tiempo que se tuvo por estar trabajando.

1.6 Viabilidad

En la presente investigación, se contó con el apoyo de la empresa CADUCEO CONSULTORES SA; se tuvo acceso a las gestiones necesarias para la ejecución de los trabajos de obtención de muestras mediante la realización de calicatas en los distintos puntos ubicados en el sector 330, así como también acceso a toda información de estudios geológicos realizados previamente en el distrito de Villa María del Triunfo.

Además, se contó con la información requerida para el desarrollo de los ensayos que se realizarían el terreno y con la colaboración de las instalaciones de los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina y la Universidad Ricardo Palma; con el apoyo y asesoramiento continuo de los técnicos, se ejecutaron los ensayos respectivos hasta la obtención de los resultados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se dará a conocer la teoría fundamental de los ensayos que se realizarán al terreno en estudio, para poder determinar el tipo de cimentación que se ejecutará para la construcción de un proyecto de un reservorio de agua en el sector seleccionado; y a su vez, dar las recomendaciones necesarias acerca del tratamiento que pueda requerir el mismo.

2.1 Antecedentes de la investigación

Para la elaboración de la presente tesis se tomaron como fuentes de información trabajos bibliográficos nacionales e internacionales, así como el uso de normas del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, las cuales tienen como referencias normativas reconocidas internacionalmente como la NTP.

2.1.1 Nacionales

Cruz, N. (2016). *Análisis geotécnico y propuesta de cimentaciones sobre rellenos en la zona nor-oeste de la ciudad de Juliaca.* En la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez, Facultad de Ingeniería Civil.

Dicha investigación evaluó el comportamiento de un suelo expuesto a estancamientos de agua, con una mala compactación de relleno durante tiempos de sequía humedales, frente a construcciones de vivienda. Luego de realizarse los diferentes ensayos de laboratorio a dicho terreno, se llegó a las conclusiones:

- Los procesos de compactaciones son deficientes
- Los suelos generan bajas densidades a 1.5gr/cm
- Suelos y agua contaminados químicamente con sustancias que acortan la durabilidad del concreto de las cimentaciones, produciendo agrietamientos significativos

Teniente, A. (2016). *Análisis comparativo en la determinación de la capacidad admisible por los métodos de Terzagui y Meyerhof, para el diseño de cimentaciones superficiales según las características del suelo de Inquilpata del distrito de Anta.* En la Universidad Andina del Cusco, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Dicha investigación tuvo como fin la determinación de la capacidad admisible del suelo en estudio; para lo cual se realizó un previo estudio de suelos para conocer los parámetros de diseño de cimentaciones superficiales.

A través de los ensayos realizados al suelo y mediante sus resultados se obtuvo un indicador del comportamiento del mismo bajo carga, lo cual permitió la obtención del valor de capacidad, así como el del factor de seguridad a elegir por el calculista, según sea el caso del suelo obtenido.

Coronado, E. (2009). *Obras Civiles para los Reservorios RP-4A, RP-6B, RP-3C del proyecto Ampliación y Mejoramiento de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado para Sargento Lorentz – 2da Etapa.* En la Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería.

La elaboración de esta investigación fue con fines de crear condiciones favorables y así lograr un desarrollo sustentable para los pobladores de Sargento Lorentz, en el distrito de San Juan de Lurigancho.

Ante el incremento de la población, el distrito se ve con la necesidad de la construcción de reservorios de almacenamiento de agua para cumplir con la demanda de la misma.

Para la elaboración del informe técnico de suelos de este proyecto, se realizaron exploraciones del terreno mediante calicatas, de las cuales se tomaron muestras que fueron llevadas a los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria la Molina, donde se realizaron los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422
- Clasificación de Suelos Norma ASTM D-2487
- Límite Líquido Norma ASTM D-423
- Límite Plástico Norma ASTM D-424
- Contenido de Humedad en Laboratorio Norma ASTM D-2216
- Análisis del Contenido de Sales Agresivas al concreto BS-1377

Como resultado, se dieron las características y recomendaciones de la cimentación a elaborarse según el sector y a su tipo de suelo encontrado.

Alarcón, A. (2013). *Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación en la Av. Costanera II etapa – Puno.* En la Universidad Alas Peruanas.

En la elaboración de dicha investigación, se efectúa un estudio geotécnico con el fin de definir el tipo de cimentación que se va a utilizar; teniendo como resultado:

- Una estratigrafía intercalada de suelos arcillosos de consistencia blanda y suelos areno-limosos de compacidad suela a media.

- Una capacidad admisible baja y una baja plasticidad en las muestras limosas.

Salvador, M. (2013). *Estudio general del sistema de almacenamiento de agua potable en los distritos de Lima Sur y Lima Centro.* En la Universidad Nacional de Ingeniería.

Dicha investigación se realizó para SEDAPAL, con finalidad de estudiar los reservorios primarios y los sectores que estos abastecen.

Según los estudios realizados en la investigación, se determinó los sectores y reservorios para comparar los resultados entre los volúmenes de entrada a los reservorios primarios y secundarios y los volúmenes de salida hacia los sectores abastecidos.

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2010). Norma E.050 Suelos y Cimentaciones

Esta norma tiene como objetivo establecer los requisitos para la ejecución de Estudios de Mecánica de Suelos (EMS), con fines de cimentación, de edificaciones y otras obras indicadas en esta norma. Los EMS se ejecutarán con la finalidad de asegurar la estabilidad y permanencia de las obras y para promover la utilización racional de los recursos.

El ámbito de aplicación de la presente Norma comprende todo el territorio nacional y no tomará en cuenta los efectos de los fenómenos de geodinámica externa, ni se aplicará de existir ruinas arqueológicas, galerías u oquedades subterráneas de origen natural o artificial. En ambos casos, deberán efectuarse estudios orientados a confirmar y solucionar aquellos problemas.

2.1.2. Internacionales

Centeno, Cortez y Salguero (2018). *Elaboración del mapa de características geotécnicas de los municipios de antiguo Cuscatlán y Santa Tecla y propuesta de requerimientos mínimos en estudios geotécnicos para muros de retención, taludes y edificaciones de menos de tres niveles.* Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

En dicha investigación se da a conocer la importancia de la realización de los estudios geotécnicos para dicha zona; Santa Tecla y Antiguo Cuscatlán sufrieron por diversos fenómenos externos como sismos y deslizamientos, por lo que debido a sus condiciones geomorfológicas presentan muchos riesgos.

Se vio necesaria la realización de mapas geotécnicos para conocer las características de los suelos presentes, lo cual permitirá una visión amplia de las zonas que son aptas para el planeamiento, uso, construcción y mantenimiento de obras de ingeniería.

Bauzá, J. (2015). *El tratamiento de los suelos arcillosos con cal comportamiento mecánico y evolución a largo plazo ante cambios de humedad.* Universidad de Sevilla.

Esta investigación tuvo como objetivo el estudio del comportamiento de un suelo ante un tratamiento con cal; así como su comportamiento deformacional de un suelo arcilloso altamente plástico ante modificaciones en su grado de humedad y succión.

Se pudo denotar que el contacto de la cal con un suelo arcilloso, produce un efecto de secado, así como la modificación de su granulometría, microestructura y porosidad; aumento de la permeabilidad, mayor trabajabilidad por la reducción de su índice de plasticidad, etc.

Robles, D. (2014). *Estudio de suelos.* Proyecto Salón Comunal Vereda La Ovejera municipio del Tambo, Departamento de Nariño, (Colombia).

En esta investigación, el autor busca conocer el perfil estratigráfico del subsuelo con base en el estudio de excavaciones a cielo abierto; y mediante pruebas de campo y ensayos de laboratorio obtener sus propiedades físicas de la mecánica del suelo.

Dichos resultados fueron utilizados para dar las requeridas recomendaciones del tipo de cimentación que se elaborará para el proyecto.

Se obtuvo una homogeneidad en el sector, constituida principalmente por limos de alta compresibilidad y arcillas limo gravilosas de baja plasticidad; para el cual su recomendación fue el retiro completo del material vegetal y/o relleno, y la cimentación a una profundidad mínima de 1.50.

2.2 Base teórica

2.2.1 Geotecnia

La geotecnia nace como disciplina práctica que trata sobre las obras construidas proyectadas en, con y sobre el terreno. Este tipo de ingeniería viene relacionada con la aplicación de la tecnología y los métodos de la Ingeniería Civil a los materiales geológicos. Términos denominados genéricamente como suelo o roca.

a. Historia de la geotecnia

Sobrecases, M. (2018). *Tratamientos del Terreno: Innovación y tendencias en el diseño de cimentaciones*. [Actualización por parte del equipo de geotecnia]. Lima: PUCP. En los años 4900 a C donde los sumerios se ven puestos ante una problemática de cimentación, eso en la antigua Mesopotamia. Su experiencia en la construcción de terraplenes los llevó a hacer uso de refuerzo y drenaje del suelo con esteras tejidas de juncos embebidas en mantos de arena entre los ladrillos.

Durante la civilización egipcia, apróx.3000 a C, surgió un tipo de tierra fértil donde la superficie se vio inundada de manera periódica con limo en forma de lodo entremezclado con materia orgánica.

Y así, varias ciudades y civilizaciones fueron entrando en la problemática de la geotecnia, gracias a los griegos y su aporte de la ciencia 400 a C, hasta el siglo XIX donde se produce un cambio de escala de la problemática y los sistemas constructivos tradicionales fracasan.

Es a inicios del siglo XVIII y mediados del siglo XX, donde la historia de la Ingeniería Geotécnica se divide en cuatro épocas:

- Periodo preclásico (1700-1776)
- 1ª etapa de la Mecánica de Suelos clásica (1776-1856)
- 2ª etapa de la Mecánica de Suelos clásica (1856-1910)
- Mecánica de Suelos moderna (1910 – años '30/'40)

Para 1925 en adelante, *Karl Von Terzaghi* (1883-1963), es considerado el padre de la Mecánica de Suelos; hace connotaciones sobre los conocimientos básicos de esta, mediante la publicación de sus libros y textos sobre la Ley de las Tensiones Efectivas publicado en 1925, el '*Theoretical Soil Mechanics*' en 1943 o la colaboración con *Ralph B. Peck* en 1948 en su publicación '*Soil Mechanics in Engineering Practice*'.

b. Estudios de Mecánica de Suelos

Denominamos estudio de mecánica de suelos al conjunto de actividades que se realizan para la obtención de información ya sea geotécnica y geológica del terreno, la cual es indispensable para poder proyectar una obra o cualquier proyecto de construcción.

Dichos estudios nos permiten anticipar cualquier posible riesgo de construcción; ya sean relacionadas con el agua, dentro de las cuales podríamos encontrar erosiones internas, profundidad del nivel freático, filtraciones, entre otras, o también arqueológicas.

Los objetivos principales de un estudio geotécnico son los siguientes:

- Evaluar de las limitaciones o dificultades geotécnicas de la zona o del proyecto en sí
- Evaluar la magnitud de los riesgos geotécnicos
- Detallar los parámetros geotécnicos para el diseño del proyecto
- Diseñar medidas de control para el manejo de las amenazas presentes en el proyecto

Estará compuesto de todos los datos relevantes para la correcta construcción del proyecto; elaborado en base a ensayos de campo y de laboratorio según el tipo de proyecto lo solicite.

Incluirá también las interpretaciones de la información obtenida, así como las recomendaciones para la ejecución del proyecto.

b.1 Obligatoriedad e importancia

Un estudio geotécnico por lo general es de gran obligatoriedad para edificaciones que alojen una gran cantidad de personas, equipos costosos o peligrosos, tales como: colegios, universidades, entre otros.

Así también existe la obligación de realizar este estudio para edificaciones adyacentes a taludes o suelos que puedan poner en peligro su estabilidad, etc.

Como también están los casos donde no existe obligatoriedad, como lo son lugares con condiciones de cimentación conocida, en

áreas techadas en planta menores que 500m² y altura menos de cuatro pisos, etc.

b.2 Alcance del Estudio Geotécnico

Toda información obtenida en el estudio de la zona, es válida únicamente para el área y tipo de obra solicitada. Los datos e investigaciones de campo y de laboratorio, así como el análisis de los mismos, valga decir las recomendaciones y conclusiones sólo serán aplicables para dicho terreno; no será viable el empleo en otro terreno ni para otro tipo de proyecto.

b.3 Normatividad

La investigación geotécnica del suelo, está sujeta a la Norma E050 de Suelos y Cimentaciones, junto con la Norma E.030 del Diseño Sismo Resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones.

2.2.2 Investigaciones de campo

a. Trabajo de Campo

Este tipo de investigación tiene como fin identificar y realizar la evaluación geotécnica del suelo de fundación mediante una exploración de campo según la Norma E.050 de Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Para determinar las características del subsuelo en el área de estudio, se ejecutaron calcatas o excavaciones a cielo abierto, lo cual

nos permitió obtener la secuencia representativa del perfil estratigráfico, ubicadas en el área de estudio.

Para cada una de estas calicatas, se detalló la descripción de los tipos de subsuelo encontrado, se extrajeron muestras de los estratos más representativos, las cuales fueron almacenadas para luego ser derivadas a los laboratorios de mecánica de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina y la Universidad Ricardo Palma.

b. Calicatas de Exploración

En la realización de una exploración de campo, el encargado que toma las muestras decide que tipos de suelos son adecuados para el proyecto, también decide el cómo y cuándo deben ser tomadas.

Según Bertram, G. (2015). Ensayos de suelos fundamentales para la construcción, la toma de muestras es la siguiente:

Muestras en bolsas

Las muestras que se toman en bolsa se realizan con una pala, barrena entre otros materiales convenientes. Se coloca la muestra en bolsas tratando de que esta se encuentre inalterada. Las siguientes muestras se usan para el análisis granulométrico, ensayos de compactación y ensayos de humedad óptima.

Muestras para contenido de humedad

Las siguientes muestras son empleadas para determinar la humedad natural del suelo. Estas muestras también son tomadas en el campo de exploración y se almacenan en un recipiente, que se encuentra sellado para poder evitar pérdidas por evaporación.

Muestras inalteradas

La muestra inalterada es una porción de suelo que se corta, se separa y se empaqueta con la menor alteración. Estas se utilizan para determinar la densidad, para calcular la resistencia del suelo, y para análisis químicos.

c. Localización, registro y numeración de las muestras

Al realizar la exploración se realiza lo siguiente:

- Cada calicata debe ser adecuadamente examinada, numerada y registrada.
- Cada muestra debe estar numerada adecuadamente, rotulada y preparada para el envío.

d. Reconocimiento

Cada calicata se localiza midiendo o contando por pasos de distancia del eje de la localización del proyecto. Su localización, tipo e identificación se agregan al libro de notas como mapa o esquema para posteriormente plasmar los planos de ubicación de calicatas en AutoCAD.

e. Registro

Por cada calicata se realiza una hoja que contiene toda la información que es valiosa en la interpretación de los resultados de la excavación, que posteriormente se plasma en AutoCAD.

f. Numeración de muestras

Cada muestra extraída contiene la numeración siguiente :

- Un número de proyecto. Puede colocar un número, una abreviatura o un símbolo. Por ejemplo: V.M. podrá usarse como Villa María del Triunfo.
- Un número de Calicata. Corresponde al número de exploración realizada como: C-1, esta da a entender que es la calicata N°1.

Un ejemplo de número de designación completo es:

V.M - C-1
Bolsa 1

La siguiente designación significa que la muestra se tomó en el proyecto Villa María del Triunfo. (C.V.), calicata n°1 (C-1), bolsa n°1. Esta designación elegida se pinta con plumón, en una etiqueta atada a la bolsa de muestra en la parte externa, un duplicado de la etiqueta se coloca dentro del saco de la muestra.

g. Procedimiento de Toma de muestras

g.1 Muestras en Bolsas

Muestras individuales

Cuando el proyecto requiere investigar las condiciones de cimentación, se deber tomar muestras en bolsa de cada tipo de suelo que se encuentra al realizar la excavación. Para realizar la toma de muestras se la superficie descubierta se debe seguir lo siguiente:

- Se realiza la excavación de la parte suelta y seca del suelo, para la obtención de una superficie fresca para poder manifestar cualquier variación del suelo.

- Se prosigue con la muestra de cada tipo de suelo que se encuentra a lo largo de la excavación, o de aquellos suelos que se considere que requiera más amplia investigación.

Muestras completas

Las muestras completas tienen como objetivo obtener la representación de todo el suelo de un perfil. Para tomar muestras completas de calicatas se debe seguir lo siguiente:

- Se quita cualquier suelo de superficie o sobrecapa encontrado en la excavación y se desecha.
- Se realiza la excavación de la parte suelta y seca del suelo, para la obtención de una superficie fresca.
- Se extiende un plástico impermeable al pie del talud.
- Se continúa con la excavación de una sección uniforme desde la parte superior hasta en fondo. Se va colocando el material en el plástico impermeable.
- Se recoge todo el material separado en el plástico para comprobar que este contiene las muestras necesarias para la investigación.

g.2 Cuarteo de muestras

Cuarteo de muestras que pesan más de 50kg

- Con la ayuda de la pala se mezcla y amontona la muestra dentro del plástico impermeable, deben verterse desde el centro inferior hasta la punta superior tratando de formar un cono con esta, de modo que el suelo al realizar la mezcla ruede de la parte superior a la inferior en todas direcciones.
- Seguidamente aplastar el cono anterior con ayuda de la pala, obteniendo una mezcla de forma circular y de espesor uniforme.

- Continuando se inserta la barrena debajo de la lona y se levantan ambos extremos, así dejando la muestra dividida en dos partes iguales.
- A continuación, se inserta de nuevo la barrena debajo de la lona formando un ángulo recto con la primera división, obteniendo una muestra dividida en cuatro partes equitativas.
- Se ubican dos partes que se encuentren situadas diagonalmente, y se descartan, debe tener cuidado al limpiar el plástico.
- El material que queda en el plástico se mezcla utilizando el paso uno señalado, este proceso de cuarteo se repite hasta obtener la muestra de tamaño deseado.

Cuarteo de muestras de 10 a 50 kg

- Se apila la muestra sobre el plástico y se mezcla elevando cada una de las esquinas de esta, sobre llevando toda la muestra al centro.
- Cuartear como antes

Cuarteo de muestras que pesan menos de 10 kg

- Se coloca la muestra sobre el plástico o sobre cualquier hoja limpia de papel. Con la ayuda de una paleta, mezclar la muestra y formar un cono.
- Con la ayuda de la paleta formar un círculo con espesor uniforme.
- Dividir en cuatro el círculo con la paleta y desechar dos lados opuestos diagonalmente.
- Conservar los lados sobrantes y mezclar nuevamente

g.3 Cantidad de suelo necesario para los ensayos

A continuación, se explicará en la gráfica la cantidad de material necesario para los ensayos y los cuales fueron utilizados para estos.

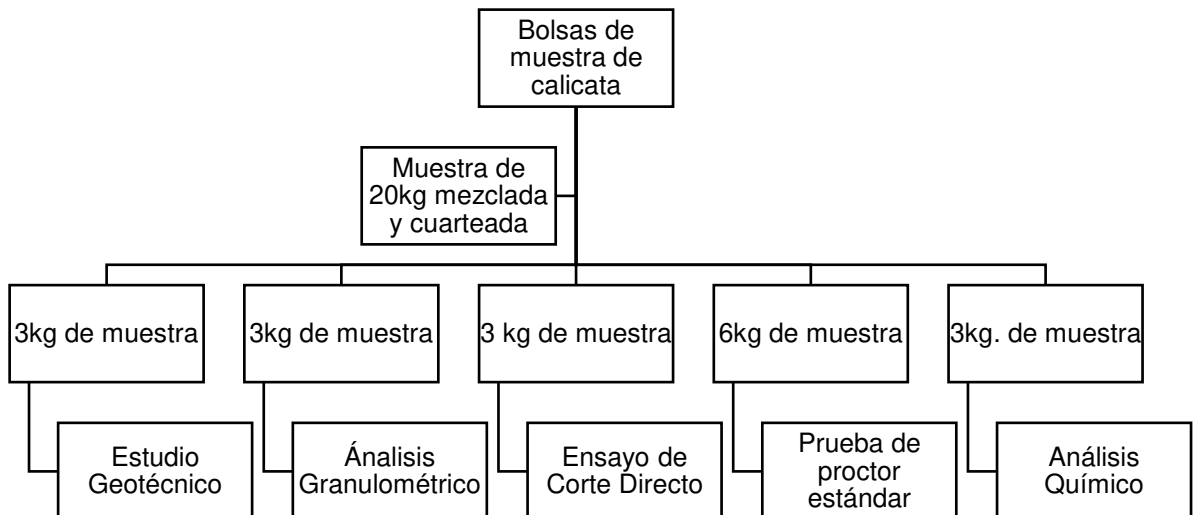


Figura 1. Proceso de manipulación de muestras

Elaboración: las autoras

Se realizó la toma de 20 kg por cada calicata, los cuales se distribuyen en 3kg de muestra que se utilizan para el estudio geotécnico, 3kg de muestra que se emplea para el análisis granulométrico, 3kg de muestra que se necesita para el ensayo directo, 6 de muestra que se utilizan para la prueba de proctor estándar y 3 kg que se emplea para el análisis químico. Al sumar tenemos 18 kg, y los otros 2 kg son de reserva si se necesita para alguno de los ensayos señalados.

Según Bertram, G. (2015), el procedimiento del secado de muestras era el siguiente:

Secado de muestras

Secado al aire

Para secar el material al aire se coloca bandejas y se extiende la muestra sobre está exponiéndola a los rayos solares directamente. Para poder acelerar el proceso de secado se debe agitar frecuentemente la muestra.

Secado a la estufa

Para realizar el secado a la estufa se coloca la muestra en un recipiente descubierto y se verifica que el horno se mantenga entre los 220°F (105°C) y 250°F (121°C), algunas muestras secan en pocas horas y otras necesitan para de un día a otro.

2.2.3. Estudios y ensayos de laboratorio

Geológico

Según Obando, T. (2009), la ingeniería geológica es la ciencia aplicada al estudio y solución de problemas como consecuencia de la relación entre el accionar humano y el medio geológico; con el fin de asegurar el uso e interpretación adecuada de los factores geológicos condicionantes de las obras de ingeniería, y la reducción de las consecuencias de los riesgos geológicos.

Para la elaboración de un estudio geológico y su exploración, se debe iniciar con una aproximación mediante la recopilación y análisis de información existente en la zona de estudio; se recomienda indagar tanto en la zona del proyecto, como en las oficinas del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET). Organismo Público Técnico Especializado del Sector Energía y Minas del Perú, que tiene como misión el generar y proveer información geológica y administrar los derechos mineros, para la ciudadanía en general, entidades públicas y privadas; con celeridad, transparencia y seguridad jurídica.

Esta entidad investiga y efectúa estudios en geomorfología, glaciología y geología ambiental, así como la evaluación y monitoreo de los peligros geológicos en el territorio nacional, con el objetivo de determinar sus efectos en la comunidad y el medio ambiente (INGEMMET, 2007)

Así se recopilará información necesaria y disponible, para poder describir la situación actual en la que se encuentre la zona en estudio,

y así poder determinar la viabilidad del proyecto a realizar. Información tales como:

- Mapas Geológicos
- Mapas Geomorfológicos
- Historia Geológica
- Planos Topográficos
- Fotografías aéreas

Información que permitirá conocer datos importantes como son: la litología, fallas o pliegues, periodo geológico al que correspondan los materiales. Concluida la recopilación y análisis de la información existente de la zona que alojará el proyecto, dará pie para continuar con los estudios de campo.

Análisis Granulométrico

Según Juárez B. y Rico R. (1995) el análisis granulométrico es el siguiente:

Bajo ese título general se comprenden todos los métodos para la separación de un suelo en diferentes fracciones, según sus tamaños.

El cribado por mallas se usa para obtener fracciones correspondientes a los tamaños mayores de suelo; generalmente se llega así hasta el tamaño correspondiente a la malla N°200 (0.074 mm). (p. 97)

La muestra de suelo se hace pasar sucesivamente a través de un juego de tamices de aberturas descendentes, hasta la malla N°200. Los retenidos en cada malla se pesa y el porcentaje que representa respecto al peso de la muestra total, se suma a los porcentajes retenidos en todas las mallas de mayor tamaño; el complemento a 100 % de esa cantidad da el porcentaje de suelo que es menor que el tamaño representado por la malla en cuestión.

Así puede tenerse un punto de la curva acumulativa correspondiendo a cada abertura. El método se dificulta cuando estas aberturas son pequeñas y por ejemplo, el cribado a través de las mallas N°100(0.149 mm) y N°200 (0.074 mm) suele requerir agua para ayudar el paso de la muestra, este se le denomina procedimiento de lavado.

Según la MTC E 107 (2016) el procedimiento del análisis granulométrico es el siguiente:

1. Se obtiene una muestra de suelo inalterada mayor o igual a 500gr, obtenida del terreno donde se realiza el proyecto.
2. Observar la muestra, si cuenta con muchas gravas y pocos finos, el lavado es opcional y se continuará con el proceso como el punto 4.
3. Poner la muestra con ayuda del agua en un recipiente desecador, sedimentar hasta que el agua se vuelva transparente, desechar el agua y colocar la muestra en el horno para realizar el secado de esta.
4. El día siguiente, pesar la muestra. Luego, se prosigue a pasarla a través de los tamices que se utilizan, los cuales serán especificados en la tabla N°1.

Tabla 1. Abertura de las mallas (mm)

SERIE TÍPICA DE TAMICES		SERIE ALTERNA DE TAMICES	
Tamiz N°	Abertura(mm)	Tamiz N°	Abertura(mm)
Tapa		Tapa	
4	4.75	4	
10	2.00	10	
20	0.850	30	0.600
40	0.425	50	0.300

60	0.250	100	0.150
140	0.106	200	0.075
200	0.075		
Bandeja		Bandeja	

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales (p. 44)

En caso de que la muestra cuente con gravas pequeñas se utilizará un tamiz 12.5 o 6.30mm antes del tamiz N°4 para poder realizar el ensayo.

- Colocar la muestra en la serie de tamices, se puede utilizar un agitador eléctrico o realizarlo de forma manual, se realizará el tamizado durante 5 a 10 minutos. Al momento de realizar la serie se coloca los tamices de diámetro más grueso primero, así colocando los tamices seleccionados descendientemente, terminando con la malla N°200.
- Luego de realizar la serie, calcular el porcentaje dividiendo el peso retenido entre el peso de la muestra original.

$$\frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso muestra}}$$

- Calcular el porcentaje más fino que pasa comenzando por el 100% de la muestra y restar el porcentaje retenido en cada tamiz, como un proceso acumulativo.

$$\text{Porcentaje que pasa} = \text{porcentaje que llega} - \text{porcentaje retenido}$$

- Al obtener los datos, se realiza una gráfica semilogarítmica del tamaño de las partículas en las abscisas contra el porcentaje más fino en las ordenadas; utilizando dicha gráfica, se obtendrá el porcentaje de gravas, arenas y finos.

9. Calcular coeficiente de uniformidad (C_u), el cual es la medida de uniformidad de la muestra es decir su graduación.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

10. Calcular coeficiente de curvatura (C_c) el cual es un dato que permite definir la uniformidad de la curva.

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$$

Dónde:

D_{10} =tamaño donde pasa el 10% del material

D_{30} = tamaño donde pasa el 30% del material

D_{60} = tamaño donde pasa el 60% del material

Un ensayo granulométrico básicamente tiene como principal objetivo la identificación de los suelos según sus cualidades, ya sean estructurales y por su agrupación, para así poder determinar el comportamiento que tienen estos materiales ante un proyecto.

Ensayo de Corte directo

Según el MTC E 123 (2016). *Corte Directo.*, se busca imponerle a un suelo las condiciones menos óptimas, es decir se le induce la ocurrencia de una falla, sometiendo esta a fatigas y/o deformaciones que puede llegar a presentar el terreno producto de la aplicación de una carga.

1. Pesar en una bandeja grande la muestra obtenida de la calicata mojada con el contenido de humedad conocido, calculando cantidad necesaria para poder realizar los tres ensayos a la misma densidad.

2. Ensamblar cuidadosamente la caja de corte, verificando que esta no cuente con ninguna separación existente entre las partes de la caja y los tornillos, seguidamente fija la posición exacta.
3. Seguidamente, colocar cuidadosamente la arena en la caja de corte hasta cerca de 5mm del borde de la superficie del molde. Luego, colocar el pistón de carga. Se toma nivel y se verifica la nivelación del bloque de carga.
4. A continuación, aplicar la carga P_v deseada, también colocar la carga dial para poder determinar el desplazamiento vertical teniendo una precisión de 0.01 por división. Se debe incluir el peso del pistón de carga y la mitad superior de la caja de corte, como se observa en la Tabla N°2.

Tabla 2. Pesas por Carga a utilizar en Corte directo

PESAS PARA CARGA DE CORTE DIRECTO	
CARGAS	PESAS
0.5 kg/cm ²	1(4N)+1(1 LB)+1(1/4TN)+522gr.=18000gr.
1.00kg/cm ²	2(4TN)+1(1/2TN)+1(2 ½ LB)+265gr.=36000 gr.
2.00 kg/cm ²	5(4TN)+1(10LB)+1(2TN)+1(1LB)+17gr=72000gr.

Fuente: Tabla de pesas de la Universidad Nacional Agraria La Molina

5. Separar dos partes de la caja de corte retirando los tornillos espaciadores que se encuentran en la parte superior de la caja.

6. Seguidamente, se debe fijar el bloque colocando los tornillos de fijación que se encuentran a los extremos en la parte superior.
7. Luego separar los tornillos espaciadores de manera de que se libere la parte inferior de la caja de corte; en este instante la carga normal, la mitad de la carga de la caja de corte y el pistón de carga, ya se encuentran actuando sobre la muestra de suelo.
8. A continuación, ajustar el dinamómetro (0.01 mm/división) para medir el desplazamiento cortante de la muestra.
9. Para realizar ensayos saturados, saturar la muestra llenando la caja de corte y dejar transcurrir de un día a otro la muestra.
10. Dar conocimiento a la carga horizontal (cortante) y tomar las lecturas de deformímetro de carga, del deformímetro de desplazamiento cortante y del deformímetro vertical.
11. Se debe tomar las lecturas a desplazamiento horizontales de 5,10 y cada 10 o 20 unidades.
12. Finalmente, retirar la arena de la caja de corte y repetir los pasos del 1 al 11 de por lo menos de dos muestras adicionales.

La primera caja de corte se realizará con 0.5 kg/cm²

La segunda caja de corte se realizará con 1.0 kg/cm²

La tercera caja de corte se realizará con 1.5 kg/cm²

En la tercera caja de corte puede variar de 1.5 a 2 kg/cm², se utilizará 2 kg/cm² cuando el proyecto presente una gran capacidad de carga, en caso contrario se utiliza 1.5 kg/cm².

Ensayo de Proctor Estándar

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde.

Para la ejecución de dicho ensayo, se ha de determinar el método a utilizar, ya que dependerá del tipo de muestra que hayamos obtenido de nuestra exploración a cielo abierto. Estos métodos varían en la cantidad de golpes que se le da a cada capa, así como en la cantidad de muestra y moldes a utilizar.

Método "A"

- Molde de 4pulg de diámetro
- Material. Se emplea el que pasa por el tamiz N°4 (4.75mm)
- Capas: tres
- Golpes por capa: 25

Uso: Cuando el 20% o menos del peso del material es retenido en el tamiz N°4 (4.75mm).

Otros usos: Si el método no es especificado, los materiales que cumplen estos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando el método B o C.

Método "B"

- Molde de 4 pulg de diámetro
- Materiales. Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/8 pulg (9.5mm)
- Capas: tres
- Golpes por capa: 25

Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N°4 (4.75mm) y 20" o menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/4 pulg (9.5mm).

Otros usos: Si el método no es especificado y los materiales entran en los requerimientos de la gradación pueden ser ensayados usando el método C.

Método "C"

- Molde de 6 pulg de diámetro
- Materiales. Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/4 pulg (19 mm)
- Capas: tres
- Golpes por capa: 56

Usos: Cuando más del 20% del peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9.53mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 3/4 pulg (19.0mm).

El molde de 6 pulgadas de diámetro no será usado con los métodos A o B.

Nota: Los resultados tienden a variar ligeramente cuando el material es ensayado con el mismo esfuerzo de compactación en moldes de diferentes tamaños.

Si el espécimen de prueba contiene más de 5% en peso de fracción extradimensionada (fracción gruesa) y el material no será incluido en la prueba se deben hacer correcciones al peso.

Otros usos: Si el método no es especificado y los materiales entran en los requerimientos de la gradación pueden ser ensayados usando el método C.

Equipo para la prueba:

- Molde de compactación cilíndrico, con collar de extensión
- Pisón
- Guía metálica para el pisón. Regla recta metálica
- Balanza de laboratorio, sensibilidad 0,1 gr
- Balanza de plataforma con sensibilidad de 1,0 gr y de unos 5kg de capacidad
- Tamiz N°4.
- Elementos menores (cucharas, bandejas, pesafiltros, etc.)

Según el MTC E 116 (2016). *Compactación del Suelo en Laboratorio utilizando una energía estándar (Proctor estándar)*, el procedimiento del ensayo consiste en lo siguiente:

1. Secar la muestra al aire y retirar de ella todo el material mayor a la malla N°4.
2. Determinar y registrar la tara del molde Proctor.
3. Mezclar la muestra con el agua suficiente para obtener una mezcla ligeramente húmeda, que aún se desmorone cuando se presione después de ser apretada con la mano.
4. Colocar la muestra dentro del molde en tres capas sucesivas, aplicándoles a cada una la cantidad de golpes según el método utilizado, repartidos en toda el área, dados con un pisón de 2,5kg que se deja caer de 30,5 cm de altura.
5. Quitar cuidadosamente la extensión del molde y enrasar la parte superior del cilindro con la regla metálica.
6. Determinación y registrar el peso del cilindro con el suelo compactado.
7. Retirar el suelo del molde y obtener el contenido de agua de dos muestras representativas, de unos 100gr, una obtenida de un nivel cercano al superior y otra de una parte próxima al fondo.
8. Repetir el proceso con un contenido de agua cada vez mayor hasta que se tengan por lo menos dos determinaciones en las que el peso del molde con el suelo compactado sea inferior a los anteriores.
9. Dibujar los resultados obtenidos en una gráfica que tenga como abscisas lo diferentes contenidos de agua resultante y como ordenadas los pesos específicos secos.
10. En la curva obtenida, la máxima ordenada representará la humedad óptima del suelo para la que pueda lograrse el máximo peso específico con la energía de compactación entregada.

La diferencia de la AASHTO modificado con el ensayo anterior consiste en que este trabaja con 5 capas de suelos y con un pisón de 4,5 kg, donde se deja caer de 45,7 cm.

Análisis Químico del suelo

El suelo donde se cimienta cualquier estructura, puede tener un efecto agresivo sobre la misma cimentación; estos efectos son debido a la presencia de elementos químicos que actúan sobre el concreto y el acero de refuerzo, causando resultados nocivos o hasta destructivos a la estructura.

Según la Norma Técnica Peruana E.050 de Suelos y Cimentaciones (2007) este tipo de ensayo tiene como objeto de estimar el grado de agresividad del suelo al concreto; para lo cual se han ejecutado análisis químicos, dentro de los cuales se busca principalmente evaluar el porcentaje de sulfatos y cloruros; ya que este puede ocasionar asentamientos bruscos por lixiviación (lavado de sales del suelo con agua).

Según el artículo 30 de la Norma E.050 de Suelos y Cimentaciones (2016), las aguas subterráneas son más agresivas que los suelos al estado seco; sin embargo, un suelo seco por riego, filtraciones de agua de lluvia, fugas de conductos de agua o cualquier otra causa, puede activar a las sales solubles.

El ataque químico por Suelos y Aguas Subterráneas se da mediante tres tipos de químicos:

- Según el MTC E 129 (2016). pH en los suelos, el ataque Ácido. Si el Ph es menor a 4,0, se deberá proponer medidas de protección adecuada y así proteger el concreto del ataque ácido.
- Ataque por Sulfatos. La corrosión de los sulfatos no tiene lugar a una lixiviación, la pasta endurecida de cemento a consecuencia de un aumento de volumen, se desmorona y expande, formándose grietas y ablandamiento en el concreto. Se ha de determinar la cuantitativa de sulfatos en aguas y suelos mediante las Normas Técnicas ASTM D 516, NTP 400.014, respectivamente.

- Ataque por Cloruros. Los ataques corrosivos hacia las cimentaciones se restringen al ataque químico al acero de refuerzo del concreto armado. Utilizando la NTP 400.014 y la NTP 339.076, se determinará si el suelo requerirá de alguna protección especial.

Sismicidad

Según el mapa de Intensidad Sísmica que se anexa y de acuerdo a la norma del diseño sismorresistente E.030 (2018) del reglamento nacional de edificaciones, se ubica específicamente en el Distrito de Villa María del Triunfo, provincia de Lima y Departamento de Lima, le corresponde una sismicidad media, de intensidad VIII en la Escala de Mercalli modificado.

Dentro de los alcances de la 'Norma Técnica de Edificaciones E.030' de 'Diseño sismo resistente', la fuerza sísmica horizontal (V) que debe utilizarse para el diseño de una estructura debe calcularse con la expresión siguiente:

$$V = \frac{Z * U * S * C * P}{R}$$

Donde para el valor de C/R deberá considerarse:

$$\frac{C}{R} \geq 0.125$$

Dónde:

Z = Factor de zona

U = Factor de uso

S = Factor de suelo

C = Factor de amplificación sísmica

P = Peso de edificación

R = Coeficiente de reducción

2.2.4 Cimentación

Un estudio geotécnico brinda la información necesaria para formar una idea general sobre los aspectos básicos que debe conocer los profesionales de la ingeniería, básicos para la planificación de un proyecto; para conocer los métodos de exploración del subsuelo y saber seleccionar el más adecuado para un proyecto específico.

Luego de la obtención de los resultados de los estudios de suelos requeridos según la obra, se han de realizar los cálculos correspondientes a las cargas admisibles para la realización de la cimentación; para el cual, gracias a los estudios previos se podrá establecer el tratamiento o el tipo de cimentación recomendada para dicho proyecto.

a. Clasificación del terreno

Según el Sistema de Clasificación de Suelos (2016), para la ejecución de obras de saneamiento en el medio rural, se considera los siguientes tipos de terrenos básicos:

- Terreno normal: Aquellos que pueden ser excavados sin dificultad alguna, ya sea a pulso y/o con equipo mecánico.
- Encontramos el terreno normal deleznable o suelto: Conformado por materiales sueltos tales como arena, arena limosa, gravillas, etc., que no pueden mantener un talud estable superior de 5:1. Y el terreno normal consolidado o compacto: Conformado por terrenos consolidados como el hormigón compacto, afirmado o mezcla de ellos, etc., los cuales pueden ser excavados sin dificultad.

- Terreno semirocoso: Constituido por un terreno normal, mezclado con bolonería de diámetro de 200 mm hasta roca fragmentada de volúmenes de 4dm³ y que su extracción no se requiera el empleo de equipos de rotura y/o explosivos.
- Terreno de roca descompuesta: Constituido por roca fracturada, para el cual se emplea medios mecánicos para su extracción mas no explosivos.
- Terreno de roca fija: Constituida por roca ígnea o sana, y que requiere necesariamente el uso de explosivos o procedimientos especiales de excavación.

a.1 Excavaciones para cimentación del reservorio

Las excavaciones para las estructuras de cimentación del reservorio serán realizadas de acuerdo a las líneas, rasantes y elevaciones indicadas en los planos; tales que permitan colocar todas las dimensiones de la estructura.

Según la guía para la construcción de reservorios elevados de agua potable (2005), la excavación deberá ser nivelada y cualquier exceso de excavación será rellenado con concreto de la misma calidad de la cimentación. De no alcanzarse el nivel de terreno indicado de cimentación, deberá colocarse subzapatas de concreto de $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ con 25% de piedras grandes, cuyo tamaño máximo sea 200 mm.

a.2 Espaciamientos de excavaciones

Dependerá de la profundidad, el tipo de terreno, el procedimiento constructivo, etc., para calcular el espaciamiento de la excavación con respecto a las paredes de los componentes de la infraestructura; se recomendará los siguientes espaciamientos en fondo de toda excavación:

- En reservorios, cisternas, estaciones de bombeo y rebombeo: 0,60 – 1,00 m
- En tuberías y ductos: 0,15 – 0,30 m

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

El estudio geotécnico incide en la determinación de los parámetros de diseño de la cimentación del reservorio de cabecera de 20,000 m³, en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

3.1.2 Hipótesis específicas

El estudio geológico incide en el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m³, en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

El ensayo de granulometría incide en el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m³, en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

La prueba de corte directo incide en el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m³, en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

La prueba de proctor estándar incide en el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m³, en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

El análisis químico incide en el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m³, en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

3.2. Variables

- a) **Variable dependiente:** parámetros del diseño de la cimentación
- b) **Variable independiente:** estudio geotécnico
- c) **Operacionalización de variables:** variable independiente

Tabla N°3. Operacionalización de variable independiente

Variable	Indicadores	Instrumentos
Estudio Geotécnico	Composición del suelo	NTP 339.150
	Tipo de suelo	NTP 339.128
	Cohesión, Ángulo de fricción y Capacidad de carga ultima	NTP 339.171
	Humedad óptima y Densidad seca máxima	NTP 339.142
	Contenido de sales, PH y Conductividad eléctrica	NTP 339.152

Elaboración: las autoras

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Diseño metodológico

4.1.1 Tipo de la investigación

a. Aplicada

Debido a que se resolverá la problemática en las mediciones de los datos dentro de un estudio geotécnico para el diseño de una cimentación.

b. Mixto

b.1 Cuantitativa

Ya que se obtuvieron resultados numéricos luego de haber realizado ensayos de laboratorio a las muestras extraídas.

b.2 Cualitativa

Ya que también se obtuvieron las características principales de las muestras

c. Descriptiva

Se indicará los procedimientos que se emplearon para el desarrollo de los ensayos.

4.1.2 Nivel de la investigación

Descriptivo: Se describirán los resultados obtenidos y se interpretarán mediante tablas y gráficos.

4.1.3 Diseño de la investigación

a) Observacional

Debido a que los resultados fueron obtenidos mediante ensayos de laboratorio siguiendo la normativa técnica peruana ya establecida.

b) Prospectivo

Porque los datos primarios serán obtenidos por nosotras y se tendrá control sobre las variables de medición.

4.2 Diseño muestral

Esta investigación hace uso de datos relacionados con el distrito de Villa María del Triunfo; para la ejecución de un proyecto de construcción de un reservorio de cabecera de 20 000 m³; con el fin de cumplir con la demanda de agua que incrementó en los últimos años en dicho distrito. Por lo que nuestro diseño muestral sería el siguiente:

Población: sector 330 de Villa María del Triunfo

Muestra: reservorio de cabecera de 20,000 m³

4.3 Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se realizaron formatos para anotar los resultados de cada uno de los ensayos que se realizaron a las muestras extraídas.

4.3.1 Formatos

Altura y tipo de suelo para cada una de las calicatas.

Luego de realizar las excavaciones se anotó el tipo de suelo encontrado.

% Contenido de humedad, peso de la muestra seca, muestra húmeda para el ensayo de proctor estándar. Se tomaron notas de los pesos de los moldes utilizados, de la muestra húmeda, del contenido de humedad utilizado, peso de la muestra luego de estar en el horno, etc.

Deformación normal, carga y tiempo para el ensayo de corte directo. Durante el ensayo, se debía anotar las deformaciones que se generaban e incrementaban según los tiempos establecidos.

Análisis granulométrico por tamizado. Se apuntó los pesos antes y después del lavado asfáltico en una máquina centrífuga, próximamente con estos datos se determinó el contenido de asfalto. También se tomó nota del ensayo de tamizado de los agregados de la mezcla asfáltica.

4.4 Procedimientos

Se realizaron ensayos de laboratorio a las muestras extraídas en el área de estudio, en el siguiente orden:

- Extracción de las muestras a través de calicatas
- Análisis granulométrico
- Método de clasificación de suelos (SUCS)

- Análisis geológico, geomorfológico y sísmico
- Prueba de corte directo
- Prueba de proctor estándar
- Análisis químico del suelo

4.5 Procesamiento de datos

Luego de la toma de resultados de cada uno de los ensayos elaborados, estos fueron transcritos en hojas de Excel, para poder relacionarlos y dar las recomendaciones necesarias para la cimentación que se podría de ejecutar en la zona, o el tratamiento que pueda requerir el suelo en estudio.

CAPÍTULO V

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Resultados, Análisis e Interpretación de la investigación

5.1.1 Exploración por calicatas

a) Procedimiento de Toma de muestras

Toma de Muestras

Se realizó la exploración del sector 330 ubicado en el distrito de Villa María del Triunfo, se decidió realizar la toma de cinco calicatas, ubicadas en el eje de la ubicación del reservorio proyecto de 20,000 m³ y alrededor del reservorio proyectado, como se muestra en la Figura 2.

Muestras en bolsas

Se tomó las muestras en bolsas de 45 kg., se realizó la excavación con una pala, barrena, pico, conos fosforescentes y la cinta de peligro.

Se colocó 20kg.de cada calicata, las muestras se almacenaron en las bolsas tratando de que se encuentren inalteradas. Las muestras fueron utilizadas para el estudio geológico, análisis granulométrico, ensayos proctor estándar, corte directo y el análisis químico.

Muestras para contenido de humedad

Las siguientes muestras se emplearon para determinar la humedad natural del suelo. Estas muestras también fueron tomadas en el campo de exploración y se almacenó en un recipiente, que fue sellado para poder evitar pérdidas por evaporación.

Muestras inalteradas

La muestra inalterada se cortó, se separó y se empaquetó con la menor alteración. Estas se utilizaron para determinar la densidad, para calcular la resistencia del suelo, y para análisis químicos.

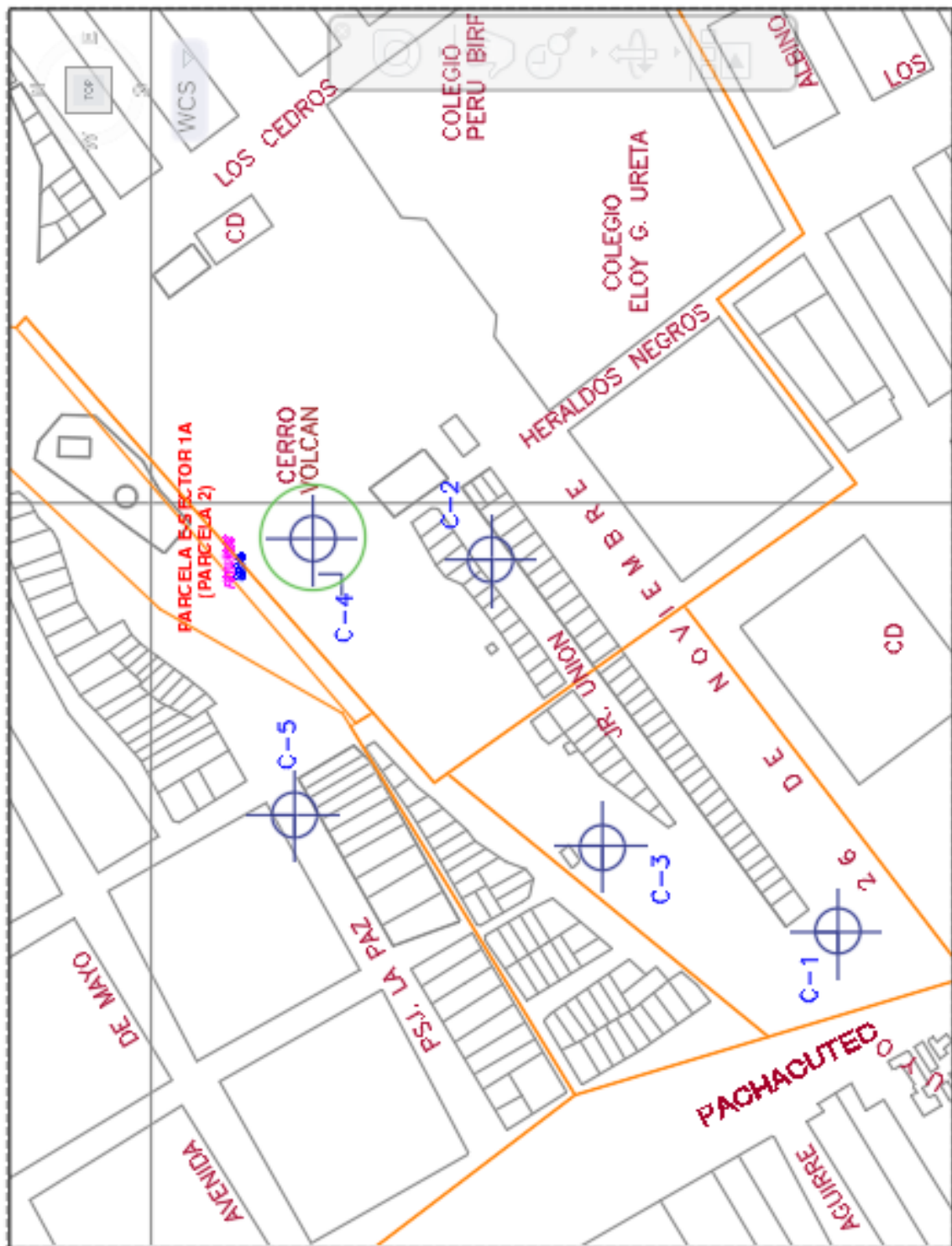


Figura N°2. Ubicación de Calicatas

Elaboración: las autoras

b) Localización, registro y numeración de las muestras

En la exploración se examinó, enumeró y registró cada calicata adecuadamente; la enumeración era adecuada, rotulada y preparada para el envío.

c) Reconocimiento

Cada calicata se localizó midiendo y contando por pasos de distancia del eje de la localización del reservorio proyectado. Se realizó un libro de notas con esquemas para posteriormente plasmar los planos de ubicación de calicatas en AutoCAD.

d) Registro

Por cada calicata que se realizó, se elaboró una hoja que contiene toda la información que es valiosa en la interpretación de los resultados de la excavación.

e) Numeración de muestras

Cada muestra extraída contiene una numeración como se muestra en la tabla 4. La abreviatura de cada muestra tuvo la ubicación, el número de calicata y el número de bolsa, obteniendo lo siguiente:

Tabla 4. Codificación de muestras

V.M - C-1 Bolsa 1
V.M - C-2 Bolsa 2
V.M - C-3 Bolsa 3
V.M - C-4 Bolsa 4
V.M - C-5 Bolsa 5

Elaboración: las autoras

Las siguientes designaciones significan:

- La muestra se tomó en el proyecto Villa María del Triunfo. (C.V.), calicata n°1 (C-1), bolsa n°1
- La muestra se tomó en el proyecto Villa María del Triunfo. (C.V.), calicata n°2 (C-2), bolsa n°2
- La muestra se tomó en el proyecto Villa María del Triunfo. (C.V.), calicata n°3 (C-3), bolsa n°3
- La muestra se tomó en el proyecto Villa María del Triunfo. (C.V.), calicata n°4 (C-4), bolsa n°4
- La muestra se tomó en el proyecto Villa María del Triunfo. (C.V.), calicata n°5 (C-5), bolsa n°5

Una etiqueta fue colocada atada a la bolsa de muestra en la parte externa y un duplicado de la etiqueta se colocó dentro del saco de la muestra.

f) Muestras en Bolsas individuales

En condiciones de cimentación, se deber tomar muestras en bolsas de cada tipo de suelo que se encuentra al realizar la excavación.

Se desarrolló lo siguiente:

- Se realizó la excavación de la parte suelta y seca del suelo, para la obtención de una superficie fresca para poder manifestar cualquier variación del suelo
- Se prosiguió con la muestra de cada tipo de suelo que se encuentra a lo largo de la excavación, o de aquellos suelos que se considere que requiera más amplia investigación

g) Cuarteo de muestras de 10 a 50 kg

- Se apiló la muestra sobre el plástico y se mezcló elevando cada una de las esquinas de esta, sobrellevando toda la muestra al centro.
- Con la ayuda de la pala se mezcló y se amontonó la muestra dentro del plástico impermeable, se vertió desde el centro inferior hasta la punta superior tratando de formar un cono, de modo que el suelo al realizar la mezcla ruede de la parte superior a la inferior en todas direcciones.
- Seguidamente se aplastó el cono anterior con ayuda de la pala, obteniendo una mezcla de forma circular y de espesor uniforme.
- Continuando, se insertó la barrena debajo de la lona y se levantó ambos extremos, la muestra quedó dividida en dos partes iguales.
- A continuación, se insertó de nuevo la barrena debajo de la lona formando un ángulo recto con la primera división, se obtuvo una muestra dividida en cuatro partes equitativas.
- Se ubicó dos partes que se encontraron situadas diagonalmente, y se descartó.
- El material que quedó en el plástico se mezcló obteniéndose la muestra final.

h) Resultados de Estratigrafía

Las muestras obtenidas de la calicata C – 1 se muestran en el Tabla N°5:

Tabla 5. Muestreo de la calicata C - 1

M - 1
Material de relleno conformado por una arena limosa, con restos de bolsas plásticas, gravas angulosas, etc. En estado medio.
M - 2
Arena mal graduada, con un porcentaje de arena de 95.75% y finos en un 4.25%, color beige, poco húmeda, no plástica, en estado medio.

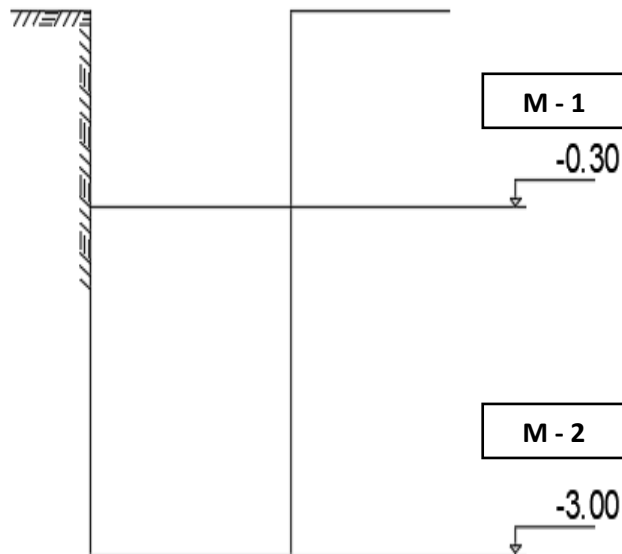


Figura 3. Corte transversal de la

calicata C - 1

Elaboración: las autoras

Elaboración: las autoras



Figura 4. Calicata C - 1

Elaboración: las autoras

Descripción:

Primera calicata realizada, en el cruce de la Av. Pachacutec con la Av. 26 de noviembre en el distrito de Villa María del Triunfo

Las muestras obtenidas de la calicata C - 2 se presentan en el Tabla N°6:

Tabla 6. Muestreo de la calicata C - 2

M - 1
Material de relleno conformado por una grava bien graduada con fragmentos de roca, con presencia de papeles, plásticos, etc. En estado medio.
M - 2
Arena mal graduada, con un porcentaje de grava de 46.16%, arena en un 50.92% y finos en un 2.92%, color beige, poco húmeda, no plástica. En estado medio.
M - 3
Fragmento de roca, con matriz de arena, color beige, poco húmeda, no plástica, en estado medio. Bolonería de hasta 20”.

Elaboración: las autoras

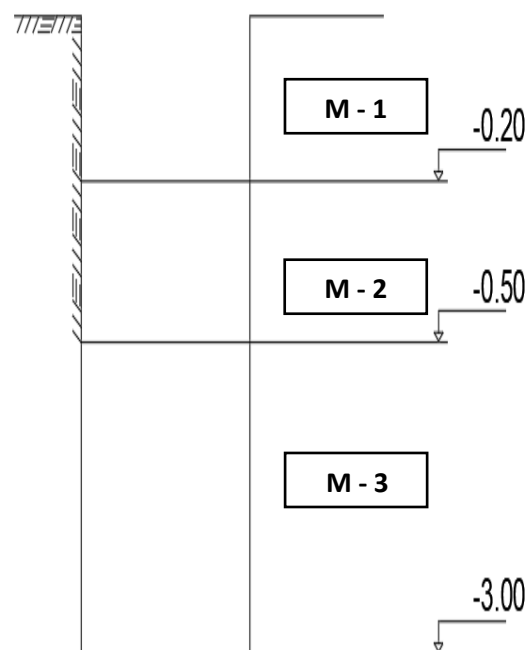


Figura 5. Corte transversal de la calicata C – 2

Elaboración: las autoras



Figura 6. Calicata C - 2

Elaboración: las autoras

Las muestras obtenidas de la calicata C – 3 se presentan en el Tabla N°7:

Descripción:

Segunda calicata realizada, en el Jr Unión, al lado del hospital Guillermo Kaelin de la Fuente.

Tabla 7. Muestreo de la calicata C – 3

M – 1
Material de relleno conformado por una arena limosa, con restos de bolsas plásticas, gravas angulosas, etc. En estado medio.
M – 2
Arena mal graduada, con un porcentaje de grava de 35.13%, arena en un 61.23% y finos en un 3.64%, color beige, poco húmeda. En estado medio.
M – 3
Arena poco limosa, con un porcentaje de grava de 17.17%, arena en un 77.25% y finos 5.58%, color beige oscuro, húmeda, en estado medio.

Elaboración: las autoras



Figura 8. Calicata C - 3

Elaboración: las autoras

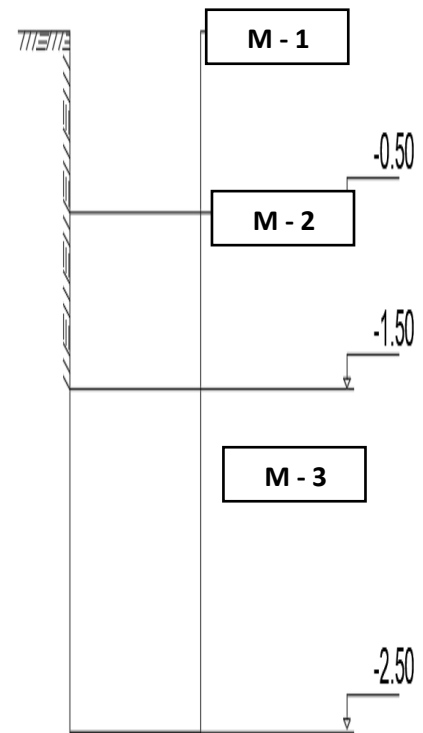


Figura 7. Corte transversa de la calicata C - 3

Elaboración: las autoras

Descripción:

Tercera calicata realizada a 2.50 m de profundidad, entre la calle Unión y el pasaje la Paz.

Las muestras obtenidas de la calicata C – 4 se presentan en el Tabla N°8:

Tabla 8. Muestreo de la calicata C - 4

M - 1
Material de relleno conformado por una arena limosa, con presencia de restos de cascotes de ladrillos, bolsas plásticas, etc. En estado medio.
M - 2
Arena poco limosa, con un porcentaje de arena de 93.16% y finos en un 6.84%, color beige, poco húmeda, no plástica y en estado medio.
M - 3
Arena poco limosa con un porcentaje de grava de 17.7% y finos 5.58%, color beige oscuro, húmeda, no plástica, en estado medio.

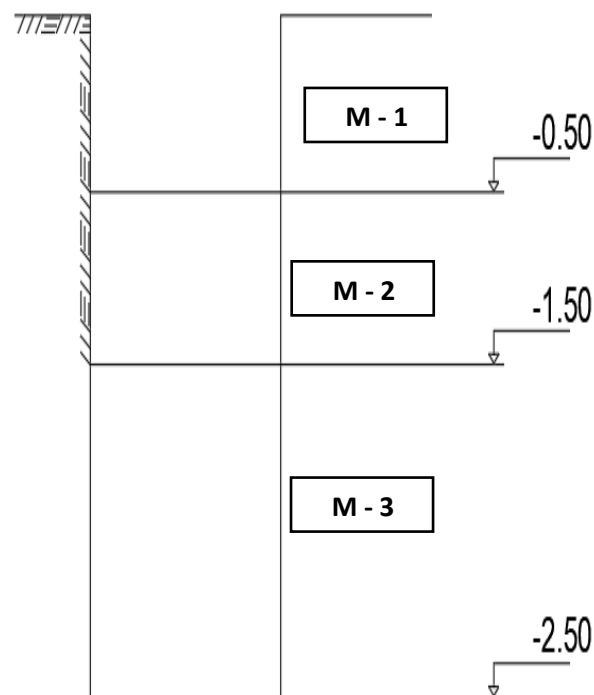


Figura 9. Corte transversal de la calicata C - 4

Elaboración: las autoras



Figura 10. Calicata C - 4

Elaboración: las autoras

Las muestras obtenidas de la calicata C – 5 se presentan en el Tabla N°9:

Elaboración: las autoras

Descripción:

Cuarta calicata realizada a 2.50 m de profundidad, en la zona más elevada del terreno.

Tabla 9. Muestreo de la calicata C - 5

M - 1
Material de relleno conformado por una arena limosa con gravas angulosas, restos inorgánicos, etc. En estado medio.
M - 2
Grava poco limosa, con un porcentaje de grava de 48.6%, arena en un 40.39% y finos en un 11.01%, con presencia de un 20% de fragmentos de roca, color beige oscuro, poco húmedo, no plástico, en estado medio.

Elaboración: las autoras

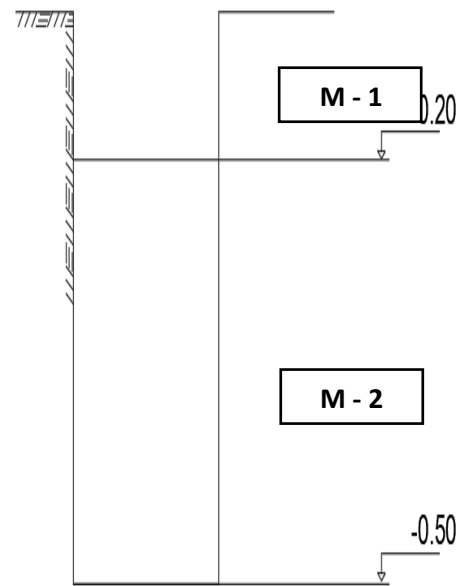


Figura 11. Corte transversal de la calicata C - 5

Elaboración: las



Figura 12. Calicata C - 4

Elaboración: las autoras

Descripción:

Quinta calicata realizada en el pasaje la Paz, de menor profundidad debido a la presencia fragmentos de roca.

5.1.2 Análisis Geológico, Geomorfológico y Sísmico

a. Análisis Geológico y Geomorfológico

a.1 Geología Regional

Aspectos Geomorfológicos

Los rasgos geomorfológicos presentes en el área en estudio, han sido modelados por eventos tectónicos, sobreimpuesto por los procesos de geodinámica, así como por la erosión y la incisión por el drenaje del río Lurín.

Las unidades geomorfológicas existentes en el área estudiada son clasificadas como de planicies costeras, lomas y cerros testigos, valles y quebradas y estribaciones Andinas Occidentales que a continuación se detalla:

Planicies Costaneras y Conos Deyectivos. - Esta zona comprendida entre el borde litoral y las estribaciones de la Cordillera Occidental constituida por una franja angosta de territorio paralela a la línea de costa asociado a los valles de Lurín.

Lomas y Cerros Testigos. - Estas unidades geomorfológicas, presentan una topografía subordinada a la litología de las unidades geológicas y a la labor erosiva del río Lurín. Los cerros testigos que se encuentran en el área en estudio, están comprometidos principalmente por rocas pertenecientes a la formación pamplona y las cuales presentan no mucha resistencia al intemperismo, por lo

que sus rasgos topográficos son relieves regularmente suaves.

Valles y quebradas. - Esta unidad geomorfológica se encuentra entre los cerros testigos, comprende parte del valle del río Lurín, así como las quebradas afluentes, las que permanecen secas la mayor parte del año, discurriendo agua solo en épocas de fuertes precipitaciones en el sector andino.

Estribaciones Andinas Occidentales. - Esta unidad geomorfológica corresponde a las laderas y crestas marginales de la Cordillera Andina de topografía abrupta y formada por plutones y stock del Batolito costanero, emplazado con rumbo NO-SE, el mismo que ha sido disectado por el río Lurín y quebradas afluentes.

Aspectos Litoestratigráficos

La secuencia estratigráfica de la región abarca las formaciones, que se ubican en el marco del área de estudio. La geología regional comprende rocas con edades del Cretáceo Inferior al Cuaternario Pleistoceno, las cuales son:

Formación Pamplona (Ki-pa). - Es una serie arcillo – calcárea, por su carácter muy arcilloso. Constituye una unidad estratigráfica continua con las calizas de la formación Atocongo. Por sus características litológicas se comporta como una unidad plástica, mostrando pliegues de arrastre, estructuras de sobrecarga, microplegamientos y esquistosidad de fractura. Litológicamente se encuentra conformado por calizas gris oscuras en estratificación delgada, las mismas que

por oxidación dan coloraciones rojizas, intercaladas con lutitas gris verdosas de disyunción astillosa y margas a veces con contenido de material carbonoso. (Edad de formación geológica: Cretáceo Inferior).

Formación Atocongo (Ki-at). - Esta formación debe su nombre a las calizas de la localidad de Atocongo, sus facies son la continuación de la formación Pamplona, pasando por una facies arcillo-calcárea a una facies calcárea. Litológicamente está conformada por calizas afaníticas gis plumizas, macizas calizas margosas en capas de 5 a 10 cm, calizas metamorfoseadas afaníticas con tonalidades oscuras en capas moderadas, bancos de calizas silicificadas masivas. (Edad de formación geológica: Cretáceo Inferior).

Andesita (Ki-an). - Conformada por rocas tipo andesita del cretáceo inferior.

Formación Quilmaná (Kis-q/an). - Es una serie integrante volcánica que descansa sobre el volcánico Huarangal, en aparente discordancia deposicional. Litológicamente está constituido por derrames andesíticos masivos poco estratificados de textura porfirítica, destacando los fenos de plagioclasa en una pasta fina de coloración gris a gris verdosa y en menor proporción las doleritas y diabasas. (Edad de formación geológica: Cretáceo Superior).

Monzogranito pertenecientes a la superunidad Atocongo (Ks-at/msg). - Conformada por cuerpos monzogranitos que afloran en parte de nuestra región geológica, con una textura granitoide gruesa, conteniendo abundante muscovita, orosa y cuarzo.

Gabro – dioritas pertenecientes a la Superunidad Patap (Ks-pt/gbdi). - Unidad compuesta por cuerpos grabos y dioritas, las más antiguas del batolito, de color oscuro, debido a los magnesianos que contiene, la textura de la roca varía de grano medio a grueso, alto peso específico y conteniendo hornblenda y biotitas.

Depósito Aluvial Pleistoceno (Qp-al).- Constituido por acumulaciones aluviales desérticas del Cuaternario antiguo. Su litología son bloques de roca de naturaleza intrusiva y volcánica y gravas con forma que van de subangulosas a angulosas, arenas de diversa granulometría y una matriz limosa o limo arcillosa.

Aspectos de Geología Estructural

Estudios realizados por diversos autores, definen que los grandes esfuerzos tangenciales de la fase comprensiva del Terciario Inferior, han causado el fracturamiento intenso de los cuerpos rocosos ígneos (con fracturas que presentan aberturas que van desde milímetros a centímetros, lo que ocasiona que en superficie éstas se encuentren disturbadas, propensos a la inestabilidad), desarrollándose un sistema de fallamiento con dirección NO – SE paralelo a la Cadena Andina, favoreciendo el rápido desarrollo de la erosión lineal, así como un sistema de fracturas que obedecen a procesos tectónicos de compresión Post-batolito.

Morfogénesis

La región presenta relieves los cuales se encuentran subordinados por procesos morfogenéticos que han ocurrido en el pasado geológico. Los procesos son:

Morfogénesis Terciaria.- Esta va desde el levantamiento rápido del plio-pleistoceno, donde se evidencio procesos erosivos e incisión fluvial, luego una prolongada fase erosiva en el Terciario Medio que redujo los Andes al estado de llanuras no muy elevadas sobre el nivel del mar.

Morfogénesis Cuaternaria. - Las formas del relieve han sido modelados por las precipitaciones más abundantes que en la actualidad; generando huaycos que llegaron hasta el nivel del mar.

a.2 Geología Local

Aspectos Geomorfológicos

Los relieves existentes han sido tallados principalmente por los eventos geológicos como la transgresión y regresión marina, procesos tectónicos y la desglaciación e intensas lluvias en los andes.

Las unidades geomorfológicas existentes en el área estudiada son clasificadas como Planicies Costaneras y Conos Deyectivos, Lomas y Cerros Testigos, valles y quebradas y estribaciones de la Cordillera Occidental, las que se han detallado en la Geología Regional.

Aspectos Litoestratigráficos

La estratigrafía de la región abarca las formaciones o superunidades que se ubican en el marco del área de estudio. La geología local comprende rocas y suelos con edades que van del Cretáceo Inferior al Cuaternario Pleistoceno, las cuales son:

Formación Pamplona (Ki-pa). - Conformada con calizas gris oscuras, a su vez con lutitas gris verdosas y

margas. Se puede denotar que la zona de estudio sufre las afloraciones rocosas intrusivas y/o volcánicas.

b. Análisis Sísmico

Para el desarrollo del análisis sísmico de la zona, se hizo uso de la norma técnica E-030 de Sismo Resistencia, donde se determinó el factor de zonificación.

Como se muestra en la Figura N°3, observamos el mapa de la zonificación propuesta por la norma, la cual se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de sus movimientos sísmicos y su atenuación con la distancia epicentral. El distrito de Villa María del Triunfo, se encuentra posicionada en la zona número 4 según indica la tabla N°9.

Tabla 10. Factores de zona

Factores de zona "Z"	
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: norma e.050 de Sismo Resistencia



Figura 13. Mapa de zonificación sísmica

Fuente: Norma E.050 de Sismo Resistencia

c. Factor de Suelo y Periodos

Para la obtención de los parámetros de diseño de la zona en estudio, se tomó en consideración los resultados obtenidos en otros ensayos como el de granulometría y SUCS.

Se consideró el tipo de perfil que describía con mayor similitud las condiciones locales del distrito. Estos perfiles están clasificados tomando en cuenta su velocidad promedio de propagación de las ondas de corte (V_s), o alternativamente, el promedio ponderado de los

contenidos de humedad o de la resistencia al corte en condición no drenada para suelos cohesivos.

Dentro de los cinco (5) tipos de perfiles de suelos, el que más se asemejaba a los resultados era el perfil tipo Suelos Intermedios (S2). Este tipo de suelo era representado por suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte V_s , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT n_{60} , entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada entre 50kpa y 100kpa y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

Al obtener este resultado, se podrá determinar su valor de tipo de suelo, así como el de sus periodos, como lo demuestra la tabla N°10 y tabla N°11.

Tabla 11. Factor de Suelo

Factor de Suelo "S"				
Zona / Suelo	S 0	S 1	S 2	S 3
Z 4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z 3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z 2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z 1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: norma E0.50 de Sismo Resistencia

Tabla 12. Periodos

Periodos "Tp" y "TL"				
	Perfil de suelo			
	S 0	S 1	S 2	S 3
Tp (s)	0.3	0.4	0.6	1.0
TL (s)	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: norma E0.50 de Sismo Resistencia

d. Factor de Uso

Para la determinación del factor de uso, se utilizó el cuadro de categorías de las edificaciones y factor "U", obtenida de la norma e.030 de sismo resistencia; donde dependiendo de la descripción de la estructura se le dio un valor al factor "U".

En el caso de la estructura, se encontró en la Categoría A la cual le da un valor de 1.5 a nuestra área de estudio.

Detalles de la descripción en la tabla N°13.

Tabla 13. Factor de uso según la estructura

Categoría	Descripción	Factor U
	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud. A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:	

<p>A: Edificaciones Esenciales</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. <p>Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, superiores, tecnológicos y universidades.</p> <p>Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</p> <p>Edificios que almacenen archivos e información.</p>	<p>1.5</p>
--	---	------------

Fuente: norma E0.30 de Sismo Resistencia

Los factores de diseño obtenidos para la zona en estudio se indican en la tabla N°14.

Tabla 14. Factores de diseño

Factores		Valores
Zona 4	(Z)	0.45
Uso	(U)	1.5
Tipo Suelo S2	(S)	1.05
Periodo predominante	(Tp, TL)	0.6s, 2.0 s

Elaboración: las autoras

Calculando la fuerza sísmica horizontal (V), con un valor de C/R de 1.275

$T = 0.85$ ya que el análisis no considera la rigidez de los elementos.

Resolviendo:

$$T_p < T < T_L = C = 2.5 * \frac{0.6}{0.85} = 1.275$$

Remplazando en la fórmula:

$$V = 0.45 * 1.5 * 1.05 * 1.275 * 1.0$$

$$V = 0.904$$

Este valor obtenido, representa la cortante basal, una fuerza de reacción que permite proponer la sección de concreto en la base de la estructura, esta reacción está sujeta principalmente a las fuerzas accidentales (horizontales) como el viento o sismo.

5.1.3 Análisis Granulométrico

Para la elaboración del análisis granulométrico, se hizo uso de las muestras inalteradas obtenidas de la exploración de campo; y se realizó lo siguiente:

- Se realizó una examinación visual del material para determinar si era necesario su previo lavado, este se hizo colocando una pequeña porción húmeda del material al horno y se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos.
- Como siguiente paso, luego de pesar la muestra, esta se pasó a través de los tamices mencionados previamente en la tabla 1; calculando a la vez su porcentaje dividiendo el peso retenido con el peso inicial de la muestra.

- Se determinó el porcentaje que pasa, restando el porcentaje que llegaba con el retenido; y se realizó una gráfica que detalló el tamaño de las partículas contra el porcentaje más fino.

Resultados obtenidos

Para la muestra de la calicata C – 1

En la tabla N°13 podemos observar los porcentajes que pasa a través de los tamices o mallas ya establecidas, para la muestra de la calicata C – 1 un 100% de la muestra hasta la malla 3/8”, es ahí donde va variando el porcentaje de retención, quedando en la malla N°4 un 0.10% del pesaje inicial; y así sucesivamente hasta la malla N°200.

Tabla 15. Tamizado de la calicata C - 1

		Abertura	Malla	% que pasa	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	% ACUMULADO QUE PASA	75.00	3”	100.00	
		50.00	2”	100.00	
		37.60	1 ½”	100.00	
		25.00	1”	100.00	
		19.00	¾”	100.00	
		9.500	3/8”	100.00	
		4.750	N° 004	99.90	
		2.000	N° 010	99.78	
		0.850	N° 020	99.71	
		0.425	N° 040	99.53	
		0.250	N° 060	86.15	
		0.150	N° 100	26.81	
		0.075	N° 200	9.12	
			D10 (mm)	0.08	Cu
	D30 (mm)	0.15	Cc	1.53	
	D60 (mm)	0.20			

Elaboración: las autoras

A su vez se puede observar que se identificaron las mallas por donde pasaron las partículas en su 10%, 30% y 60% del material.

$$D_{10} \text{ (mm)} = 0.08$$

$$D_{30} \text{ (mm)} = 0.15$$

$$D_{60} \text{ (mm)} = 0.20$$

Datos utilizados para determinar el coeficiente de uniformidad ($C_u = 2.57$) y el coeficiente de curvatura ($C_c = 1.53$). Donde con un coeficiente de uniformidad menor a 3, en este caso $C_u = 2.57$; se concluye que es un suelo muy uniforme.

Tabla 16. Límites de consistencia de la calicata C - 1

PESO ESP. RELATIVO DE SÓLIDOS (Gs)	2.60
PESO ESPECÍFICO NATURAL (γ) (gr/cc)	
HUMEDAD NATURAL (%)	2.17
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO (LP) (%)	N.P.
ÍNDICE PLÁSTICO (IP) (%)	N.P.
LÍMITE DE CONTRACCIÓN (LC) (%)	-
CLASIFICACIÓN SUCS	SP
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-3(0)

Elaboración: las autoras

En la tabla N°16 podemos denotar que la muestra no cuenta con un índice de límite líquido o plástico; por lo que se concluye que el comportamiento del suelo demostrará fractura rígida al ser sometido a corte, porque el contenido natural de humedad es menor que el límite plástico. En este caso el suelo estará en estado sólido a semisólido.

Finalmente, se realizó el diagrama de la curva granulométrica donde se relaciona el porcentaje acumulado que pasa por cada una de las mallas utilizadas, con el diámetro de las partículas que se retienen (mm). En esta

curva se obtuvo como resultado un suelo de arena fina, como se puede observar en la figura N°14.

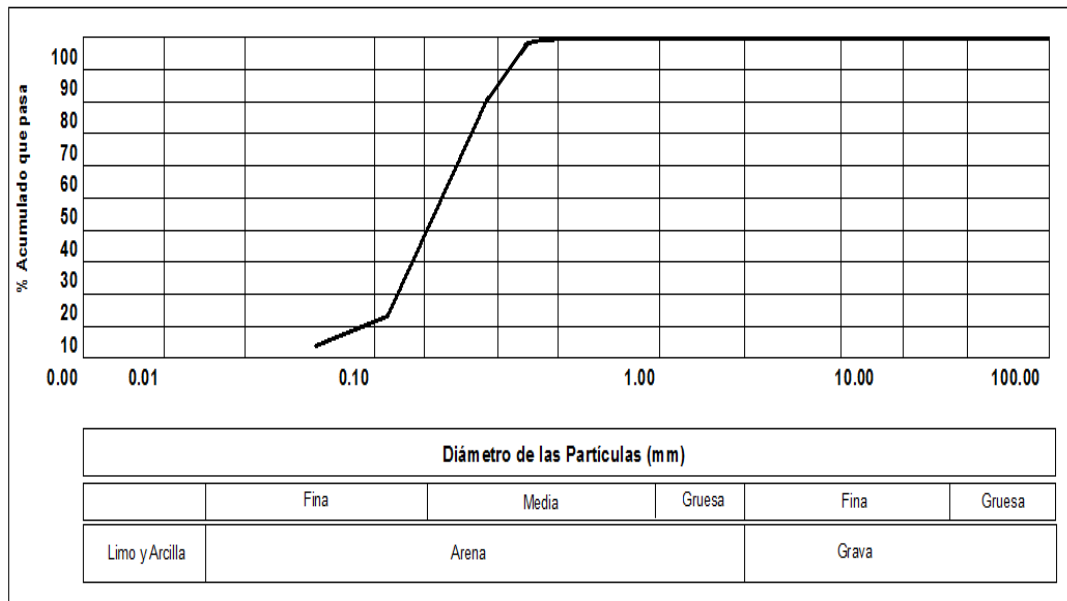


Figura 14. Curva granulométrica de la calicata C - 1

Elaboración: las autoras

Para la muestra de la calicata C – 2

En la tabla N°17 se puede observar los porcentajes que pasan a través de los tamices o mallas ya establecidas. Para la muestra de la calicata C – 2 un 100% de la muestra hasta la malla 3/8", es ahí donde va variando el porcentaje de retención, quedando en la malla N°4 un 0.10% del pesaje inicial; y así sucesivamente hasta la malla N°200.

Tabla 17. Tamizado de la calicata C - 2

		Abertura	Malla	% que pasa	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	% ACUMULADO QUE PASA	75.00	3"	100.00	
		50.00	2"	86.65	
		37.60	1 ½"	75.07	
		25.00	1"	65.64	
		19.00	¾"	62.78	
		9.500	3/8"	57.20	
		4.750	N° 004	53.04	
		2.000	N° 010	50.09	
		0.850	N° 020	46.74	
		0.425	N° 040	41.51	
		0.250	N° 060	33.21	
		0.150	N° 100	12.02	
		0.075	N° 200	2.92	
		D10 (mm)			0.13
D30 (mm)			0.23	Cc	0.03
D60 (mm)			13.45		

Elaboración: las autoras

A su vez podemos observar que se identificaron las mallas por donde pasaron las partículas en su 10%, 30% y 60% del material.

$$D10 \text{ (mm)} = 0.13$$

$$D30 \text{ (mm)} = 0.23$$

$$D60 \text{ (mm)} = 13.45$$

Datos utilizados para determinar el coeficiente de uniformidad ($Cu > 99$) y el coeficiente de curvatura ($Cc = 13.45$).

Tabla 18. Límites de consistencia de la calicata C - 2

PESO ESP. RELATIVO DE SÓLIDOS (Gs)	2.68
PESO ESPECÍFICO NATURAL (y) (gr/cc)	
HUMEDAD NATURAL (%)	1.42
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO (LP) (%)	N.P.
ÍNDICE PLÁSTICO (IP) (%)	N.P.
LÍMITE DE CONTRACCIÓN (LC) (%)	-
CLASIFICACIÓN SUCS	SP
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-1-b(0)

Elaboración: las autoras

En la tabla N°18 se puede denotar que la muestra no cuenta con un índice de límite líquido o plástico; por lo que se concluye que el comportamiento del suelo demostrará fractura rígida al ser sometido a corte, pues el contenido natural de humedad es menor que el límite plástico. En este caso el suelo estará en estado sólido a semisólido.

Finalmente, se realizó el diagrama de la curva granulométrica, donde se relaciona el porcentaje acumulado que pasa por cada una de las mallas utilizadas, con el diámetro de las partículas que se retienen (mm); en esta curva se obtuvo como resultado un suelo de grava gruesa, como se puede observar en la figura N°15.

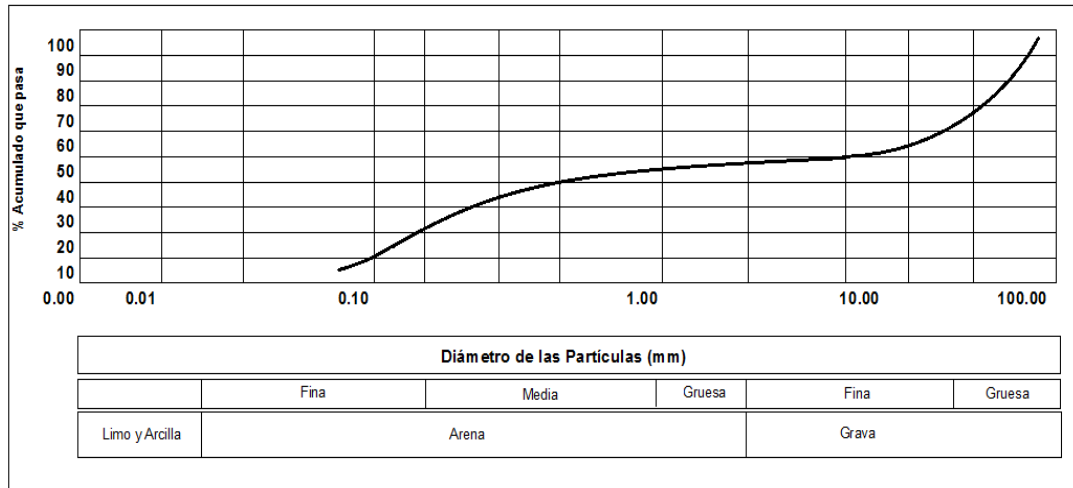


Figura 15. Curva Granulométrica de la calicata C – 2

Elaboración: las autoras

Para la muestra de la calicata C – 3

En la tabla N°19 podemos observar los porcentajes que pasan a través de los tamices o mallas ya establecidas. Para la muestra de la calicata C – 3 los porcentajes que pasan varían drásticamente, debido a la composición que se encontró; estas estaban compuestas por grava y rocas fragmentadas

Tabla 19. Tamizado de la calicata C - 3

		Abertura	Malla	% que pasa	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	% ACUMULADO QUE PASA	75.00	3"	100	
		50.00	2"	100	
		37.60	1 ½"	100	
		25.00	1"	100	
		19.00	¾"	100	
		9.500	3/8"	100	
		4.750	Nº 004	100	
		2.000	Nº 010	99.80	
		0.850	Nº 020	99.46	
		0.425	Nº 040	98.84	
		0.250	Nº 060	77.00	
		0.150	Nº 100	19.41	
		0.075	Nº 200	4.25	
		D10 (mm)			0.10
D30 (mm)			0.16	Cc	1.29
D60 (mm)			0.22		

Elaboración: las autoras

A su vez se puede observar que se identificaron las mallas por donde pasaron las partículas en su 10%, 30% y 60% del material.

$$D10 \text{ (mm)} = 0.10$$

$$D30 \text{ (mm)} = 0.16$$

$$D60 \text{ (mm)} = 0.22$$

Datos utilizados para determinar el coeficiente de uniformidad ($Cu = 2.20$) y el coeficiente de curvatura ($Cc = 1.29$).

Tabla 20. Límites de consistencia de la calicata C - 3

PESO ESP. RELATIVO DE SÓLIDOS (Gs)	2.64
PESO ESPECÍFICO NATURAL (y) (gr/cc)	
HUMEDAD NATURAL (%)	0.99
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO (LP) (%)	N.P.
ÍNDICE PLÁSTICO (IP) (%)	N.P.
LÍMITE DE CONTRACCIÓN (LC) (%)	
CLASIFICACIÓN SUCS	SP
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-3(0)

Elaboración: las autoras

En la tabla N°20 se puede denotar que la muestra no cuenta con un índice de límite líquido o plástico; por lo que se concluye que el comportamiento del suelo demostrará fractura rígida al ser sometido a corte, pues el contenido natural de humedad es menor que el límite plástico. En este caso el suelo estará en estado sólido a semisólido.

Finalmente, se realizó el diagrama de la curva granulométrica, donde se relaciona el porcentaje acumulado que pasa por cada una de las mallas utilizadas, con el diámetro de las partículas que se retienen (mm); en esta curva se obtuvo como resultado un suelo de arena fina, como se puede observar en la figura N°16.

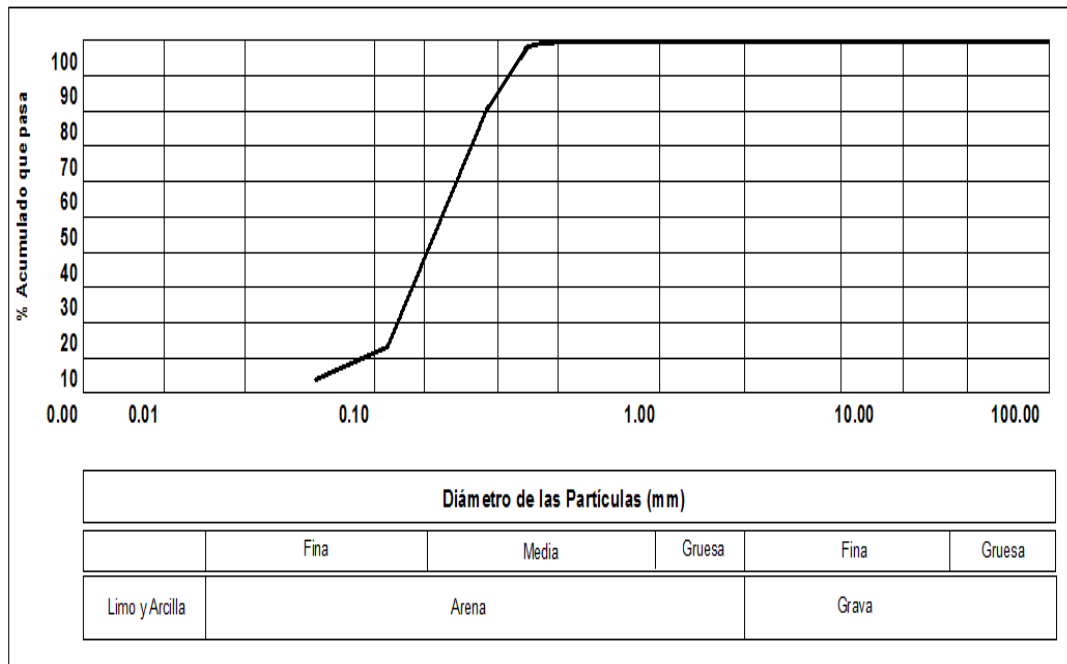


Figura 16. Curva Granulométrica de la calicata C – 3

Elaboración: las autoras

Para la muestra de la calicata C – 4

En la tabla N°21 se puede observar los porcentajes que pasan a través de los tamices o mallas ya establecidas. Para la muestra de la calicata C – 4 un 100% de la muestra pasa hasta la malla 3/8”, es ahí donde va variando el porcentaje de retención, quedando en la malla N°4 un 0.10% del pesaje inicial; y así sucesivamente hasta la malla N°200.

Tabla 21. Tamizado de la calicata C - 4

		Abertura	Malla	% que pasa	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	% ACUMULADO QUE PASA	75.00	3"	100	
		50.00	2"	100	
		37.60	1 ½"	100	
		25.00	1"	100	
		19.00	¾"	100	
		9.500	3/8"	100	
		4.750	N° 004	100	
		2.000	N° 010	100	
		0.850	N° 020	99.97	
		0.425	N° 040	98.84	
		0.250	N° 060	76.54	
		0.150	N° 100	20.08	
		0.075	N° 200	1.83	
		D10 (mm)			0.10
D30 (mm)			0.16	Cc	1.22
D60 (mm)			0.22		

Elaboración: las autoras

A su vez se puede observar que se identificaron las mallas por donde pasaron las partículas en su 10%, 30% y 60% del material.

$$D10 \text{ (mm)} = 0.10$$

$$D30 \text{ (mm)} = 0.16$$

$$D60 \text{ (mm)} = 0.22$$

Datos utilizados para determinar el coeficiente de uniformidad ($Cu = 2.10$) y el coeficiente de curvatura ($Cc = 1.22$).

Donde con un coeficiente de uniformidad menor a 3, en este caso $Cu = 2.10$; se concluye que es un suelo muy uniforme.

Tabla 22. Límites de consistencia de la calicata C - 4

PESO ESP. RELATIVO DE SÓLIDOS (Gs)	2.71
PESO ESPECÍFICO NATURAL (y) (gr/cc)	
HUMEDAD NATURAL (%)	2.55
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO (LP) (%)	N.P.
ÍNDICE PLÁSTICO (IP) (%)	N.P.
LÍMITE DE CONTRACCIÓN (LC) (%)	
CLASIFICACIÓN SUC	SP
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-3 (0)

Elaboración: las autoras

En la tabla N°21 se puede denotar que la muestra no cuenta con un índice de límite líquido o plástico; por lo que se concluye que el comportamiento del suelo demostrará fractura rígida al ser sometido a corte, pues el contenido natural de humedad es menor que el límite plástico. En este caso el suelo estará en estado sólido a semisólido.

Finalmente, se realizó el diagrama de la curva granulométrica, donde se relaciona el porcentaje acumulado que pasa por cada una de las mallas utilizadas, con el diámetro de las partículas que se retienen (mm). En esta curva se obtuvo como resultado un suelo de arena fina como se puede observar en la figura N°17.

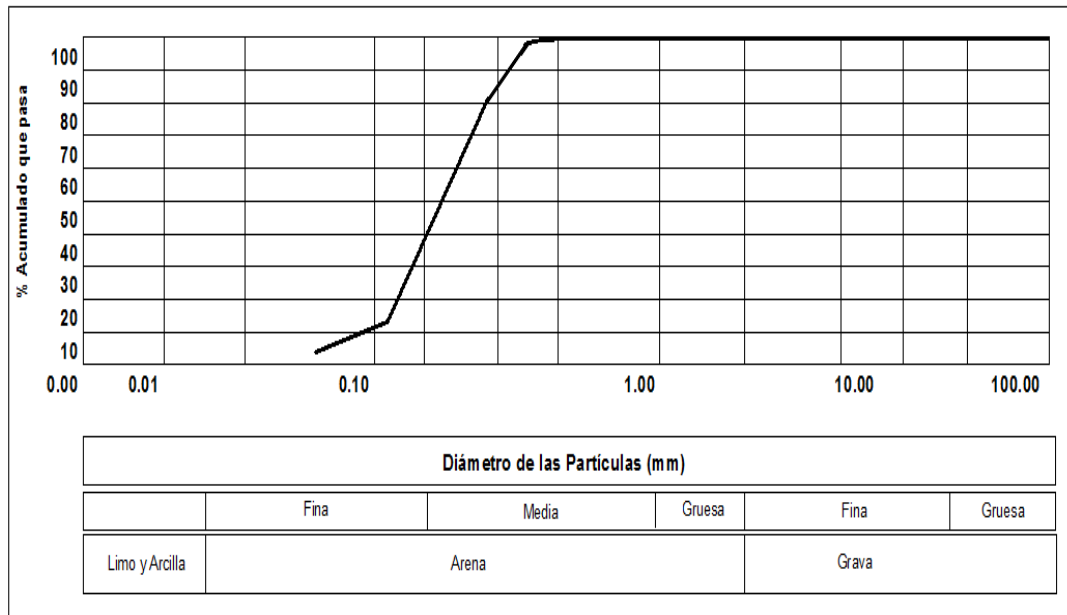


Figura 17. Curva Granulométrica de la calicata C – 4

Elaboración: las autoras

Para la muestra de la calicata C – 5

En la tabla N°23 podemos observar los porcentajes que pasan a través de los tamices o mallas ya establecidas, para la muestra de la calicata C – 5 los porcentajes que pasan varían drásticamente debido a la composición que se encontró, las cuales eran rocas fragmentadas.

Tabla 23. Tamizado de la calicata C - 5

		Abertura	Malla	% que pasa	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	% ACUMULADO QUE PASA	75.00	3"	100	
		50.00	2"	100	
		37.60	1 ½"	100	
		25.00	1"	92.27	
		19.00	¾"	89.63	
		9.500	3/8"	87.33	
		4.750	N° 004	85.98	
		2.000	N° 010	85.59	
		0.850	N° 020	85.14	
		0.425	N° 040	84.69	
		0.250	N° 060	73.53	
		0.150	N° 100	27.66	
		0.075	N° 200	7.99	
		D10 (mm)			0.08
D30 (mm)			0.15	Cc	1.23
D60 (mm)			0.22		

Elaboración: las autoras

A su vez se puede observar que se identificaron las mallas por donde pasaron las partículas en su 10%, 30% y 60% del material.

$$D10 \text{ (mm)} = 0.08$$

$$D30 \text{ (mm)} = 0.15$$

$$D60 \text{ (mm)} = 0.22$$

Datos utilizados para determinar el coeficiente de uniformidad ($Cu = 2.67$) y el coeficiente de curvatura ($Cc = 1.37$).

Donde con un coeficiente de uniformidad menor a 3, en este caso $Cu = 2.67$; concluimos que es un suelo muy uniforme.

Tabla 24. Límites de consistencia de la calicata C – 5

PESO ESP. RELATIVO DE SÓLIDOS (Gs)	2.55
PESO ESPECIFICO NATURAL (y) (gr/cc)	
HUMEDAD NATURAL (%)	0.80
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO (LP) (%)	N.P.
ÍNDICE PLÁSTICO (IP) (%)	N.P.
LÍMITE DE CONTRACCIÓN (LC) (%)	
CLASIFICACIÓN SUCS	SP – SM
CLASIFICACIÓN AASHTO	A – 3 (0)

Elaboración: las autoras

En la tabla N°24 se puede denotar que la muestra no cuenta con un índice de límite líquido o plástico; por lo que se concluye que el comportamiento del suelo demostrará fractura rígida al ser sometido a corte, pues el contenido natural de humedad es menor que el límite plástico. En este caso el suelo estará en estado sólido a semisólido.

Finalmente, se realizó el diagrama de la curva granulométrica, donde se relaciona el porcentaje acumulado que pasa por cada una de las mallas utilizadas, con el diámetro de las partículas que se retienen (mm). En esta curva se obtuvo como resultado un suelo de grava gruesa, como se puede observar en la figura N°18.

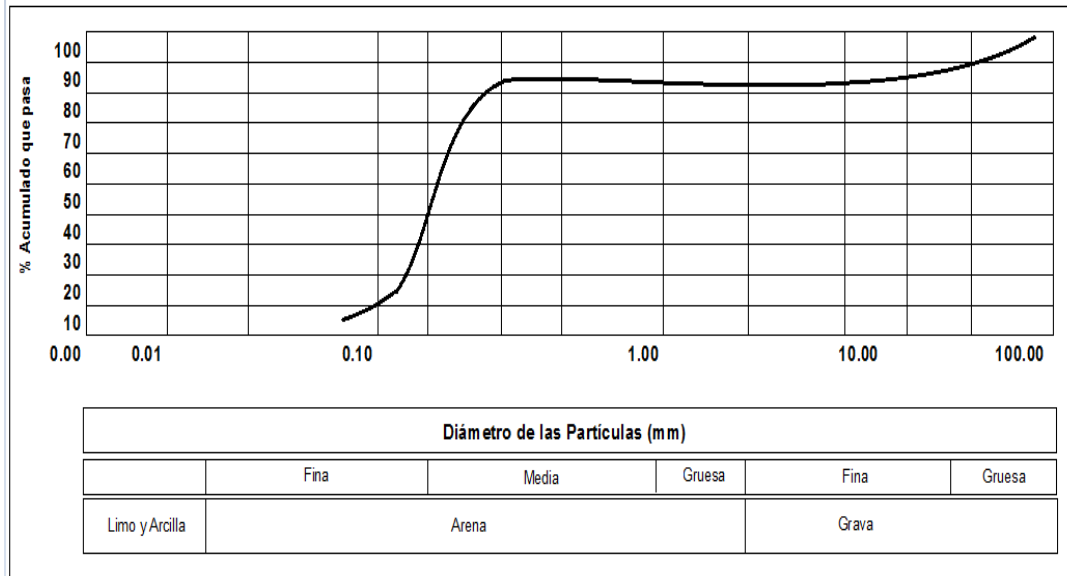


Figura 18. Curva Granulométrica de la calicata C – 5

Elaboración: las autoras



Figura 19. Ensayo de Granulometría por Tamizado

En estas fotografías, observamos el procedimiento del ensayo; así como el paso de pesar el porcentaje retenido en las mallas.

5.1.4. Prueba de Corte Directo

Para la ejecución de este ensayo, se hizo uso de una caja de sección cuadrada donde se coloca la muestra de suelo de la calicata C – 3, en las condiciones más críticas, la cual sería una muestra húmeda, o saturada. En caso de ser una muestra inalterada, deberá ser suficientemente grande para proveer un mínimo de tres muestras idénticas. Se realizó lo siguiente:

- Se determinó el peso inicial de la muestra para el cálculo posterior del contenido inicial de humedad de acuerdo con la norma.
- Se colocó el carro de deslizamiento con la caja perfectamente ensamblada sobre los cojinetes, centrando estos bajo el carro.
- Se aproximó la caja de corte manualmente hasta que haga contacto con el pistón de empuje del motor.
- Se ajustó el aparato medidor de fuerza horizontal, para que exista un buen contacto entre el extremo de la caja de corte y el extremo del aparato de la medida de fuerzas horizontales.
- Luego de tener la muestra, se introdujo con sumo cuidado y se ajusta el dial para medir tanto la deformación durante el corte, como el cambio del espesor de la muestra y luego se determina el espesor inicial.

Se debe permitir una consolidación inicial de la muestra bajo una fuerza normal adecuada, después de aplicar la fuerza normal predeterminada, se llenó el depósito de agua hasta un nivel por encima de la muestra, permitiendo el drenaje y una nueva consolidación de la misma. El nivel del agua se debe mantener durante la consolidación y en las fases siguientes de corte de tal manera que la muestra esté saturada en todo momento.

Durante el proceso de la consolidación deben registrarse las lecturas de deformación normal, en tiempos apropiados, antes de aplicar

un nuevo incremento de fuerza, como se observa en la tabla N°23; cada incremento debe durar hasta que complete la consolidación primaria y el incremento final la fuerza normal especificada.

Finalmente, luego de la consolidación, se sueltan los marcos aproximadamente 0.25mm para permitir el corte de la muestra.

Tabla 25. Toma de datos (1) para corte directo C - 3

ESPECIMÉN	A
LADO (cm)	6.00
ALTURA (cm)	2.54
ÁREA	15.26
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.490
HUMEDAD INICIAL (%)	1.63
ESFUERZO NORMAL (kg/cm²)	0.50

Elaboración: las autoras

En la tabla 25 observamos que el cubo tiene de arista 6.00 cm, una altura de 2.54 cm y un área de 15.26 cm²; para esta muestra el esfuerzo normal que se le aplicó fue de 0.50 kg/cm², el cual comprendía de:

$$1 (4 \text{ TN}) + 1 (1\text{LB}) + 1 (1/4\text{TN}) + 552\text{gr.} = 18000 \text{ gr}$$



Figura 20. Pesas para carga de corte directo

Tabla 26. Deformación Unitaria y esfuerzo cortante (1)

LECTURA DIAL	ϵ		DEFORMACIÓN VERTICAL	ESFUERZO CORTANTE(t) (kg/cm²)
2.5	0.5	30	0.000	0.05
4.0	1	60	0.000	0.10
8.0	2	120	0.000	0.20
18.0	3	180	0.000	0.26
21.0	4	240	0.000	0.28
22.0	5	300	0.000	0.28
22.0	6	360	0.000	0.30
22.0	7	420	0.000	0.34
22.0	8	480	0.000	0.37
22.0	9	540	0.000	0.38
22.0	10	600	0.000	0.38
22.5	11	660	0.000	0.39
22.5	13	780	0.000	0.39
23.0	15	900	0.000	0.39

Elaboración: las autoras

En la Tabla 26 se puede observar los datos obtenidos en la primera división de la muestra; con una deformación vertical de 0.000 y un esfuerzo cortante que varía de un 0.05 a un 0.39kg/cm², dando a entender que se cuenta con un suelo muy blando.



Figura 21. Corte de la muestra (1) C – 3

Tabla 27. Toma de datos (2) para corte directo C – 3

ESPECIMÉN	B
LADO (cm)	6.00
ALTURA (cm)	2.544
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.490
HUMEDAD INICIAL (%)	1.63
ESFUERZO NORMAL (kg/cm²)	1.00

Elaboración: las autoras

En la tabla 26 se observa que el cubo tiene de arista 6.00 cm, una altura de 2.54 cm, para esta muestra el esfuerzo normal que se le aplicó fue de 1.00 kg/cm², el cual comprendía de:

$$1 (4 \text{ TN}) + 1 (2 \text{ TN}) + 1 (1/2 \text{ TN}) + 1 (2 \text{ 1/2 LB}) + 265 \text{ gr.} = 36000 \text{ gr}$$



Figura 22. Ensayo de Corte Directo

Se tomó anotaciones de la lectura dial y su deformación vertical en los formatos que se encuentran en la foto.

Tabla 28. Deformación Unitaria y esfuerzo cortante (2)

LECTURA DIAL	ϵ		DEFORMACIÓN VERTICAL	ESFUERZO CORTANTE(t) (kg/cm²)
2.5	0.5	30	0.000	0.10
4.0	1	60	0.000	0.19
8.0	2	120	0.000	0.34
18.0	3	180	0.000	0.61
21.0	4	240	0.000	0.67
22.0	5	300	0.000	0.68
22.0	6	360	0.000	0.68
22.0	7	420	0.000	0.69
22.0	8	480	0.000	0.69
22.0	9	540	0.000	0.69
22.0	10	600	0.000	0.69
22.5	11	660	0.000	0.69
22.5	13	780	0.000	0.69
23.0	15	900	0.000	0.69

Elaboración: las autoras

En la Tabla 28 se puede observar los datos obtenidos en la segunda división de la muestra; con una deformación vertical de 0.000 y un esfuerzo cortante que varía de un 0.10 a un 0.69kg/cm², dando a entender que se cuenta con un suelo muy blando



Figura 23. Corte de la muestra (2) C – 3

Tabla 29. Toma de datos (3) para corte directo C - 3

ESPECIMÉN	C
LADO (cm)	6.00
ALTURA (cm)	2.54
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.490
HUMEDAD INICIAL (%)	1.63
ESFUERZO NORMAL (kg/cm²)	1.50

Elaboración: las autoras

En la tabla 29 se observa que el cubo tiene de arista 6.00 cm, una altura de 2.54 cm, para esta muestra el esfuerzo normal que se le aplicó fue de 1.50 kg/cm², el cual comprendía de:

$$5 (4 \text{ TN}) + 1 (10 \text{ LB}) + 1 (2 \text{ TN}) + 1 (1 \text{ lb}) + 17\text{gr.} = 72000 \text{ gr}$$



Figura 24. Aparato de Corte

Tabla 30. Deformación Unitaria y esfuerzo cortante (3)

LECTURA DIAL	ϵ		DEFORMACIÓN VERTICAL	ESFUERZO CORTANTE(t) (kg/cm ²)
2.5	0.5	30	0.001	0.15
4.0	1	60	0.001	0.30
8.0	2	120	0.001	0.42
18.0	3	180	0.001	0.79
21.0	4	240	0.001	0.90
22.0	5	300	0.001	0.98
22.0	6	360	0.001	1.03
22.0	7	420	0.001	1.03
22.0	8	480	0.001	1.06
22.0	9	540	0.001	1.07
22.0	10	600	0.001	1.08
22.5	11	660	0.001	1.08
22.5	13	780	0.001	1.08
23.0	15	900	0.001	1.08

Elaboración: las autoras

En la tabla 30 se puede observar los datos obtenidos en la primera división de la muestra; con una deformación vertical de 0.001 y un esfuerzo cortante que varía de un 0.15 a un 1.08kg/cm², dando a entender que el suelo bajo una situación crítica (húmeda) y un esfuerzo normal mayor al resto; su deformación será un poco menos a las anteriores, pero igual se deformará dando a denotar un tipo de suelo blando.



Figura 25. Corte de la muestra (3) C – 3

Resultados

La relación entre el esfuerzo cortante y la deformación unitaria que sufren las muestras, se ven reflejadas en la curva de la figura 27; dándose como resultado una deformación similar en cada una de las muestras, representando un suelo blando.

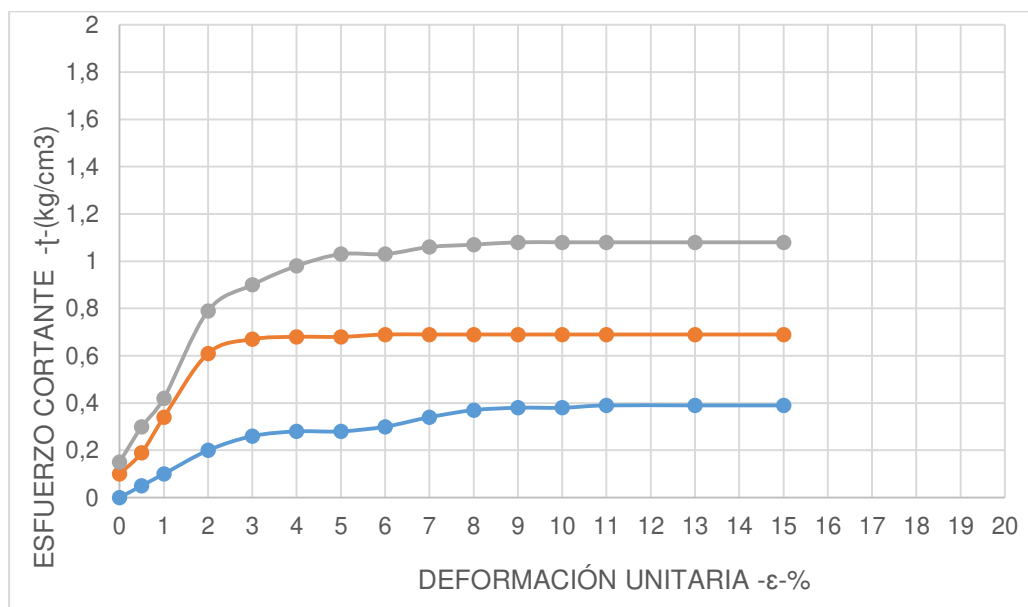


Figura N°26. Curva de Corte Directo C - 3

Elaboración: las autoras

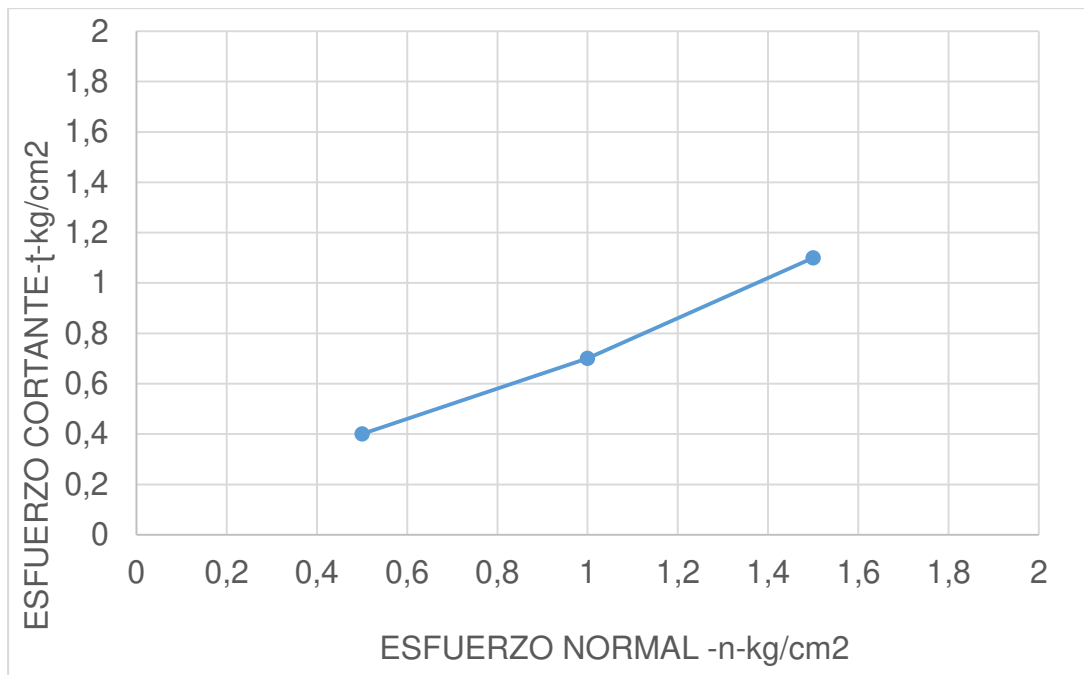


Figura N°27. Relación Esfuerzo cortante y Esfuerzo Normal

Elaboración :las autoras

Como resultado de las lecturas, se obtuvo un ángulo de fricción interna del suelo de 30.20 y una cohesión aparente del suelo de 0 kg/cm². Con el cual se interpretó lo siguiente:

- El ángulo de fricción, viene a ser la propiedad de los materiales granulares, con una interpretación física sencilla. En un material granuloso cualquiera, el ángulo de reposo está determinado por la fricción, la cohesión y la forma de las partículas; pero en este caso, al no contar o ser cero (0) la cohesión, y teniendo unas partículas muy pequeñas, coincide con el ángulo de rozamiento interno.
- La atracción entre las partículas se ven originadas por las fuerzas moleculares y las películas de agua. Por lo que dependiendo del contenido de humedad la cohesión de un suelo variará.
- Una cohesión que varíe entre 0.25 kg/cm² a 1.5 kg/cm², es representativo de un suelo arcilloso, mientras que una cohesión, como la de nuestra muestra, que es nula, es representativo en las arenas.

- Teniendo el ángulo de fricción, contamos con otro de los parámetros para determinar la estabilidad de taludes, el cálculo de empuje de tierras o la resistencia de la cimentación, el cual nos interesa. En la tabla 30 se describe los problemas y características del suelo según nuestro ángulo de fricción; así como el tipo de terreno en la tabla 30.

Tabla 31. Detalles según el ángulo de fricción

Problemas	Ángulo de fricción	Depende de:
Resistencia interna de la arena para pequeñas deformaciones.	Ángulo de fricción máximo	Composición del suelo: relación de vacuos inicial; esfuerzo de confinamiento inicial
Resistencia interna de las arenas para grandes deformaciones.	Ángulo de fricción residual	Composición del suelo: relación de vacíos en estado residual.
Deslizamiento de la arena sobre una superficie lisa	Ángulo de fricción entre partículas	Naturaleza de los minerales del suelo y de su estado superficial
Deslizamiento de la arena sobre una superficie rugosa	Ángulo de fricción residual	Composición del suelo, relación de vacíos en el estado residual

Elaboración: las autoras

Tabla 32. Tipo de terreno por el ángulo de fricción

Tipo de terreno	W(kg/m³)	Ángulo
Arcilla suave	1440 a 1920	0° a 15%
Arcilla media	1600 a 1920	15° a 30°
Limo seco y suelto	1600 a 1920	27° a 30%
Limo denso	1760 a 1920	30° a 35°
Arena suelta y grava	1600 a 2100	30° a 15%
Arena suelta, seca y bien graduada	1920 a 2100	25° a 35°
Arena suelta, seca y bien graduada	1840 a 2100	33° a 35%
Arena suelta, seca y bien graduada	1920 a 210	42° a 16°

Elaboración: las autoras

5.1.5 Ensayo de Proctor Estándar

Este ensayo se realizó a la muestra de la calicata C – 3, y se utilizó 4 porcentajes de humedad distintos.

Procedimiento

- Se tomó las muestras
- Muestra de suelo de la calicata C – 3, luego se agregó agua para poder alcanzar el contenido de humedad basado en el porcentaje seco. La humedad deberá ser de 4 a 5% menor que la humedad óptima estimada.

- Luego, se pesó el molde de compactación (no se incluye la base ni el collar de la muestra), el cual fue medido para poder determinar su volumen.
- Se colocó la primera capa de suelo compactándolo y aplicando 25 golpes sobre la capa, así hasta formar 5 capas.
- Tras finalizar el compactado se retiró el collar de compactación, y se prosiguió a enrasar la muestra a la parte superior del molde utilizando la regla metálica.
- Se realizó la extracción del molde y se tomó una muestra para determinar el contenido de humedad.
- Se realizó este procedimiento unas tres veces más, pero se les agregó el 2% de agua de la mezcla anterior.
- Luego de tener las cuatro (4) muestras, estas se colocaron al horno y se realizaron los cálculos correspondientes, para determinar el contenido de humedad de la muestra.

De la muestra M – 3 de la calicata C – 3 se obtuvo los siguientes datos plasmados en la tabla 32.

Tabla 33. Datos del ensayo de Proctor estándar C - 3

N° DE CAPA	3	3	3	3
GOLPES POR CAPA N°	25	25	25	25
PESO DE MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	5910	5960	5990	5991
PESO DE MOLDE (gr)	4215	4215	4215	4215
PESO DE SUELO HÚMEDO (gr)	1695	1745	1775	1776
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	943	943	943	943
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3)	1,797	1,850	1,882	1,883
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.61	1.63	1.62	1.61
TARRO N°				
TARRO + SUELO HUMEDO (gr)	249.5	244.2	295.0	251.6
TARRO + SUELO SECO (gr)	226.9	220.9	263.9	219.9
PESO DE AGUA (gr)	22.65	23.26	31.07	31.69
PESO DE TARRO (gr)	29.18	45.33	63.21	35.58
PESO DEL SUELO SECO (gr)	197.7	175.6	200.7	184.4
HUMEDAD (%)	11.46	13.25	15.48	17.19

Elaboración: las autoras

En el ensayo se utilizó el 10%, 12%, 14% y 16% de agua para poder trabajar con mayor facilidad el material; cómo podemos observar en la tabla 32, se realizaron 3 capas y cada una recibió 25 golpes del pisón, y luego fueron extraídos del molde y se tomó una muestra que se colocó en el horno. Se sumó el peso del molde más el material húmedo, y se pesó, antes de colocarlo en el horno.

Luego de colocado la muestra en el horno, se obtiene el valor del material seco y se pesa junto al tarro, para luego restar el valor del tarro y tener el peso del agua y su contenido de humedad.

Se realizó este procedimiento y se anotaron los resultados para colocarlos en una curva que nos determinará el contenido de humedad óptima del material con respecto a su máxima densidad.

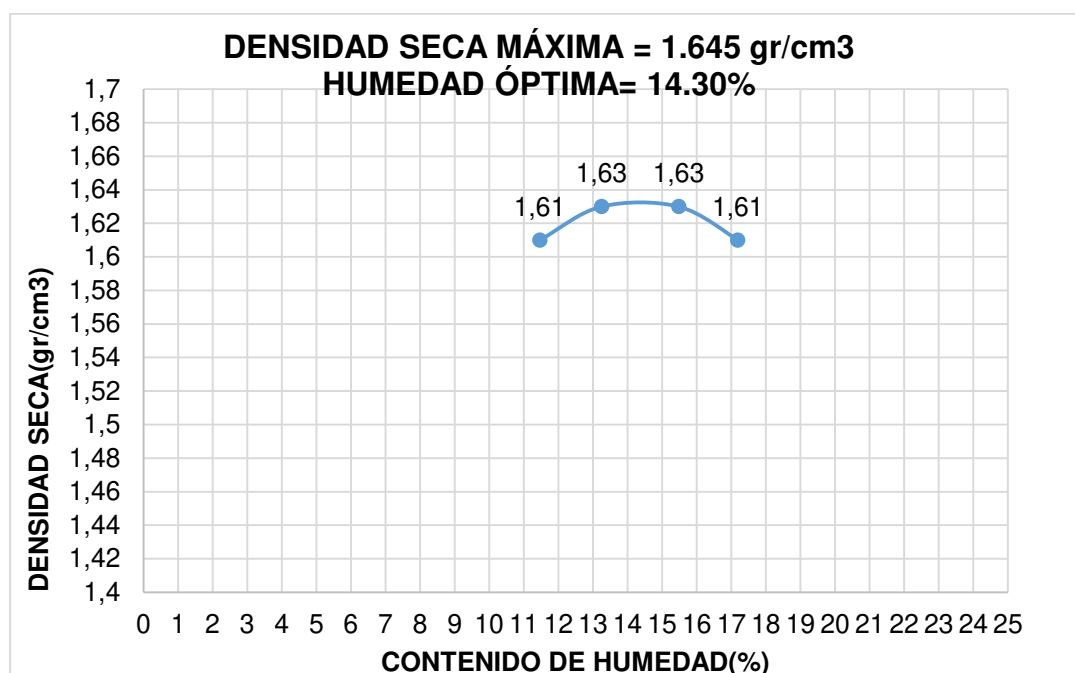


Figura 28. Curva de Contenido de Humedad C – 3V C

Elaboración: las autoras

La curva de contenido de humedad, figura 8, representa la relación entre la densidad seca del suelo con su contenido de humedad. De aquí se ha de determinar el contenido óptimo de agua que la muestra vaya a necesitar para que aumente la resistencia y capacidad de carga del suelo; así como también, reducir compresibilidad y su aptitud de absorber el agua.

Se grafica los porcentajes obtenidos y se saca un promedio de los contenidos de humedad obtenidos para determinar el óptimo.

Resultados

- Densidad Seca máxima = 1.645 gr/cm³
- Humedad Óptima = 14.30 %

5.1.6. Análisis Químico del suelo

Para el análisis químico de las muestras, se llevaron a los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina, las muestras más representativas de cada una de las calicatas realizadas.

Se realizaron análisis de sus contenidos de sulfatos, cloruros, ph y ce, para determinar el grado de agresividad que los componentes químicos que se encuentran en el terreno, puedan tener hacia la estructura en sí.

Resultados

Para la M - 2 de la calicata C – 1 se obtuvo los siguientes resultados que observamos en la tabla N°33:

Tabla 34. Contenido de Sulfatos Calicata C – 1

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CONTENIDO DE SULFATOS (%)	CONTENIDO DE SULFATOS (ppm)
C -1	M2	0.70 - 3.00	0.00	3.14

Elaboración: las autoras

Para la tabla 4.4 de los requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos, cuadro que se encuentra en el capítulo 4 de los Requisitos de Durabilidad de la Norma Técnica Peruana E060, en el punto 4.3.1 donde se detalla lo siguiente en la tabla 34.

Tabla 35. Requisitos para Concreto expuesto a soluciones de sulfatos

Exposición a sulfatos	Soluble en el agua, presente en el suelo, % en peso SO₄	Sulfato en el agua, ppm SO₄	Tipo de Cemento	Relación máx. agua – material cementante	f'c mínimo para concretos de peso normal y ligero
Insignificante	0.0 < SO ₄ < 0.1	0 < SO ₄ < 150	-	-	-
Moderada	0.1 < SO ₄ < 0.2	150 < SO ₄ < 1500	II, IP, IS, P, I	0.50	28
Severa	0.2 < SO ₄ < 2.0	1500 < SO ₄ < 10000	V	0.45	31
Muy Severa	2.0 < SO ₄	10000 < SO ₄	Tipo V más puzolana	0.45	31

Fuente: ACI

Tabla 36. Requisitos para concreto expuesto a soluciones de Sulfatos Cloruros

Presencia de Suelo:	p.p.m	Grado de Alteración	Tipo de Cementos
Sulfatos	0-1000	Leve	I
	1000-2000	Moderado	II, IP, IS, P, I
	2000-20,000	Severo	V
	>2000	Muy severo	V más puzolana
Cloruros	>6000	Perjudicial	V más puzolana
Sales Solubles	>15,000	Perjudicial	V V más puzolana

Fuente: ACI

Para la muestra de la calicata C – 1, exposición es insignificante

Para su contenido de Cloruros, demostrado en la tabla 35, también tiene una exposición insignificante según la NTP 400.014 o la NTP 339.076.

Tabla 37. Contenido de Cloruros C - 1

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CONTENIDO DE CLORUROS (%)	CONTENIDO DE CLORUROS (ppm)
C – 1	M2	0.70 - 3.00	0.00	2.97

Elaboración: las autoras

Para la M - 2 de la calicata C – 2 se obtuvo los siguientes resultados que se observa en la tabla N°38:

Tabla 38. Contenido de Sulfatos Calicata C – 2

EXPLORACIÓN	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CONTENIDO DE SULFATOS (%)	CONTENIDO DE SULFATOS (ppm)
C -2	M2	0.50 – 1.70	0.00	4.11

Elaboración: las autoras

Para la tabla 4.4 de los requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos, cuadro que se encuentra en el capítulo 4 de los Requisitos de Durabilidad de la Norma Técnica Peruana E060, en el punto 4.3.1.

Para la muestra de la calicata C – 2, exposición es insignificante

Para su contenido de Cloruros, demostrado en la tabla 39, también tiene una exposición insignificante según la NTP 400.014 o la NTP 339.076.

Tabla 39. Contenido de Cloruros C - 2

EXPLORACIÓN	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CONTENIDO DE CLORUROS (%)	CONTENIDO DE CLORUROS (ppm)
C – 2	M2	0.50 – 1.70	0.00	19.00

Elaboración: las autoras

Para la M - 3 de la calicata C – 3 se obtuvo los siguientes resultados que observamos en la tabla N°40:

Tabla 40. Contenido de Sulfatos Calicata C – 3

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CONTENIDO DE SULFATOS (%)	CONTENIDO DE SULFATOS (ppm)
C-3	M3	2.00-3.00 m	0.00	439.03

Elaboración: las autoras

Para la tabla 4.4 de los requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos, cuadro que se encuentra en el capítulo 4 de los Requisitos de Durabilidad de la Norma Técnica Peruana E060, en el punto 4.3.1.

Para la muestra de la calicata C – 3, exposición es moderada

Para su contenido de Cloruros, demostrado en la tabla 41, también tiene una exposición insignificante según la NTP 400.014 o la NTP 339.076.

Tabla 41. Contenido de Cloruros C - 3

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CONTENIDO DE CLORUROS (%)	CONTENIDO DE CLORUROS (ppm)
C-3	M3	2.00-3.00 m	0.00	218.10

Elaboración: las autoras

Para la M - 3 de la calicata C – 4 se obtuvo los siguientes resultados que observamos en la tabla 42:

Tabla 42. Contenido de Sulfatos Calicata C – 4

EXPLORACIÓN	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CONTENIDO DE SULFATOS (%)	CONTENIDO DE SULFATOS (ppm)
C -4	M3	2.50 - 3.00	0.00	3.57

Elaboración: las autoras

Para la tabla 4.4 de los requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos, cuadro que se encuentra en el capítulo 4 de los Requisitos de Durabilidad de la Norma Técnica Peruana E060, en el punto 4.3.1.

Para la muestra de la calicata C – 4, exposición es insignificante para su contenido de Cloruros, demostrado en la tabla 43, también tiene una exposición insignificante según la NTP 400.014 o la NTP 339.076.

Tabla 43. Contenido de Cloruros C - 4

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CONTENIDO DE CLORUROS (%)	CONTENIDO DE CLORUROS (ppm)
C – 4	M3	2.50 - 3.00	0.00	18.89

Elaboración: las autoras

Para la M - 2 de la calicata C – 5 se obtuvo los siguientes resultados que se observa en la tabla N°44:

Tabla 44. Contenido de Sulfatos Calicata C – 5

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CONTENIDO DE SULFATOS (%)	CONTENIDO DE SULFATOS (ppm)
C – 5	M2	1.00 – 1.20	0.10	964.54

Elaboración: las autoras

Para la tabla 4.4 de los requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos, cuadro que se encuentra en el capítulo 4 de los Requisitos de Durabilidad de la Norma Técnica Peruana E060, en el punto 4.3.1

Para la muestra de la calicata C - 5, exposición es moderada

Para su contenido de Cloruros, demostrado en la tabla 44, también tiene una exposición insignificante según la NTP 400.014 o la NTP 339.076.

Tabla 45. Contenido de Cloruros C - 5

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CONTENIDO DE CLORUROS (%)	CONTENIDO DE CLORUROS (ppm)
C - 4	M3	2.50 - 3.00	0.00	18.89

Elaboración: las autoras

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

6.1 Contraste de las hipótesis

6.1.1 Hipótesis General

El estudio geotécnico incide en el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m³, en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

La hipótesis es aceptable ya que el estudio geotécnico índice en la determinación del ancho, la longitud, la profundidad, el ángulo de fricción, la cohesión, y el tipo de cemento que se utiliza en el diseño de la cimentación del reservorio.

6.1.2 Hipótesis Específicas

El estudio geológico incide en el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m³, en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

La hipótesis es aceptable porque al realizar los estudios geológicos se determinó que el sector 330 de Villa María del Triunfo, está conformada por depósito Aluvial Pleistoceno, constituido por acumulaciones

aluviales desérticas del Cuaternario antiguo; y su litología conformada por bloques de roca de naturaleza intrusiva y volcánica, gravas, arenas de diversa granulometría y a una matriz limo arcillosa.

El ensayo de granulometría incide en el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m³, en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

La hipótesis es aceptable porque al realizar el ensayo de granulometría se determinó que el sector 330 es de tipo I-a Normal (86%), conformada por predominar arena limosa, arena con grava, compacidad suelta a media densa, estratos de arena fina de gran potencia. Y zonificación tipo I-b Normal (11%), conformada por suelo gravoso subanguloso más fragmentos de roca y suelos gravosos limosos, y tipo semirocoso (3%) según SUCS.

La prueba de corte directo incide en el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m³, en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

La hipótesis es aceptable porque al realizar la prueba de corte directo se determinó que la cohesión es 0 kg/cm² y el ángulo de fricción interna es igual a 30.00°, el cual se emplea para el diseño de la cimentación.

La prueba de proctor estándar incide en el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m³, en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

La hipótesis es aceptable porque al realizar la prueba de proctor estándar se determinó que la humedad óptima es de 14.30% y la densidad seca máxima es de 1.645 gr/cm³; datos utilizados para el diseño de la cimentación.

El análisis químico incide en el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m³, en el sector 330 de Villa María del Triunfo.

La hipótesis es aceptable porque al realizar el análisis químico se determinó que el contenido de sulfatos como de cloruros es de 0%, el cual nos da como resultado utilizar el cemento tipo portland I para el diseño de la cimentación.

6.2 Ensayos fundamentales

Para la ejecución del estudio geotécnico, se vio necesario la realización de cada uno de los objetivos específicos planteados.

a. Análisis Geológico

Es en base a una exploración de la situación actual de la zona de estudio, reconocer su estratigrafía y morfología mediante la visualización de los estratos del suelo, de sus antecedentes y fases; así como también de los cambios sufridos por el pasar de los años.

b. Análisis Granulométrico

Es debido al análisis granulométrico que permite la separación del suelo según los distintos tamaños de sus partículas. Este ensayo permitirá saber las diferentes características de los minerales que se encuentran en el suelo, entre ellas su fragilidad, dureza, disgregación y plasticidad; y así determinar su capacidad de ser reducidas en partículas de un tamaño determinado.

c. Ensayo de Corte directo

Básicamente la importancia de este ensayo, está en su función o finalidad, que es la determinación de la resistencia al corte de un suelo. Esta prueba es realizada mediante la deformación de un espécimen en un rango de deformación controlada. Realizada generalmente tres (3) veces bajo cargas normales

diferentes, para determinar el efecto de resistencia y desplazamiento, así como las propiedades resistentes.

d. Prueba de Proctor estándar

La importancia de este ensayo o prueba, recae en la determinación de la relación entre el contenido de humedad y la densidad del suelo cuando es compactado en un molde de un tamaño dado con un mazo de 2.5 kg. Esto representará los suelos colocados como rellenos (terraplenes, presas, relleno de fundaciones, bases de caminos).

e. Análisis químico

Un análisis químico es básico para la determinación de la cimentación de un reservorio; las aguas subterráneas suelen ser más agresivas que los suelos al estado seco. Lo que se busca con un análisis químico es calcular el porcentaje de sulfatos, cloruros u otros químicos presentes en el suelo que pueden atacar a la estructura, ya sea superficialmente un ataque químico al concreto o al acero de refuerzo.

f. Sismicidad

Un índice importante para determinar el tipo de cimentación a utilizar, son los factores sísmicos, la fuerza cortante en la base de la estructura, para el cual es necesario ubicar el factor “Z” que representa la aceleración máxima horizontal, el facto de uso, según las características de las estructuras, etc., datos indispensables por la morfología de la zona.

6.3 Tratamiento de suelo

Habla de tratamiento de suelo, porque el suelo o terreno es un elemento importante e inevitable en todo tipo de construcción, debido a que servirá como soporte de cimentaciones y como elemento estructural.

En lo general, las cargas que son transmitidas desde las cimentaciones a las capas del terreno, causan tensiones y por lo tanto deformaciones dependiendo de las propiedades del terreno.

Tratamientos de suelos hay muchos, en la actualidad existe una gran variedad de métodos de tratamientos que se han utilizado con el pasar de los años, entre ellos: Vibro Compactación, Inyecciones a los suelos, Sistemas de pantallas, Compactación dinámica, drenajes verticales, Columnas de grava, Vibro flotación, etc.

Todos estos con un mismo fin, que es el mejorar el terreno para que cualquier obra o estructura a construir mejore sus propiedades resistentes y elásticas del suelo.

Dentro de los que podemos mencionar, según el tipo de suelo que se obtuvo:

- **Compactación dinámica – Menard**

Densificación del suelo por aplicación repetida de impactos de gran energía, en puntos distribuidos uniformemente a lo largo del terreno a tratar.

Pesos de 8 a 200tn que se dejan caer desde 15 a 40 m, generando huellas con profundidades entre 0.6 m y 1.2 m habitualmente.

Atribuciones

Disminución drástica del volumen de huecos del terreno, y por tanto un aumento de la capacidad portante (incremento de resistencia y reducción de asentamientos).

- **Soil Mixing**

Estabilización del terreno con un material aglomerante que da lugar a una serie de columnas de material mejorado tipo suelo-cemento.

Este tipo de terreno posee:

- Mayor resistencia
- Menor permeabilidad
- Menor compresibilidad más utilizada: son cemento, cal y bentonita

Objetivos

- Mejora de la capacidad portante
- Mitigar el riesgo de la licuefacción
- Reducir el empuje activo de los muros de contención
- Aumentar el empuje pasivo
- Crear barreras hidrogeológicas

- ***Jet Grouting***

Tratamiento que consiste en la desagregación del suelo por medio de un fluido radial de alta energía y en su mezcla con un agente cementante, creando una columna de mayor rigidez que permite aumentar las propiedades mecánicas del volumen de suelo tratado.

La presencia de estas inclusiones permite aumentar de manera significativa la resistencia del terreno y reducir el esfuerzo de corte cíclico inducido en caso de sismo, minimizando así el riesgo de licuefacción del terreno.

Objetivos

- Incremento de propiedades resistentes y elásticas
- Reducción de asentos
- Reducción de permeabilidad
- Reducción de empujes de tierras en muros de contención
- Mitigación del riesgo de licuefacción

- **Tratamiento con Cal**

La cal en sí es uno de los conglomerantes hidráulicos con mayor historia en el mundo de la construcción. Empleado como mortero de albañilería frecuentemente, así como para enfoscados y revocos.

Su presentación se da en dos tipos, viva y apagada. Como principales propiedades esta:

- Densidad aparente. Dependiendo de la presentación, estos valores contrastan con el peso específico del óxido de calcio puro que toma valores superiores a 3 kg/dm³, esto quiere decir que su porosidad es nula.
- Finura de grano (polvo). La eficiencia de las reacciones está relacionada con la concentración de las soluciones y a menor tamaño de partícula, más superficie específica y más concentración. Además de su facilidad de transporte y aplicación.
- Eleva el Ph, proporciona un medio idóneo para la reacción de la cal con otros minerales, lo que repercute en sus efectos conglomerantes.
- Posibilidad de reacción con numerosos productos

Teniendo en cuenta los tipos de tratamientos presentados anteriormente, se procede a elegir el tratamiento con cal, ya que el reservorio se encuentra en una superficie donde se tiene poca profundidad y al momento de tomar las muestras de las calicatas, se obtiene que el suelo final es roca fracturada, el cual no permitiría hacer otro tipo de tratamiento al suelo como el *jet grouting* y otro que requiere de realizar una perforación profunda.

6.4 Cimentación para el tipo de suelo

Para la construcción de un reservorio, es necesario saber ciertos datos primordiales; como lo es la capacidad, en este caso es de 20 000 m³.

Por consiguiente, determinaremos la forma del reservorio. Se trata de un procedimiento de acomodo, para el reservorio a realizarse en Villa María del Triunfo, se hará uso de un tanque rectangular, un modelo

económico, especialmente porque un lado es más largo que el otro. Sin embargo, mientras más cuadrada sea, será un diseño más económico.

Para la cimentación, las zanjas tienen que ser tan anchas como el cimiento del muro y de 30cm de profundidad. Se le pone una cama de grava o de concreto pobre de 10 cm de profundidad y se nivela, luego una capa de 20 cm de alto de mampostería normal se debe construir encima de esta cimentación.

Pero el tipo de cimentación, dependerá de la naturaleza del suelo, de la altura de la torre y de la capacidad del reservorio. La profundidad y espesor de la cimentación deben ser de acuerdo a lo especificado en los planos estructurales del proyecto.

Cuando los reservorios tienen pequeña capacidad y las estructuras de soporte son columnas arriostradas, el cimiento lo constituyen zapatas aisladas de peralte constante. Si el suelo es poco resistente o se requiere darle mayor estabilidad al reservorio, sobre todo ante la presencia de fuerzas sísmicas, se pueden añadir vigas de conexión a los cimientos para conectar las zapatas de las columnas entre sí.

Para reservorios de gran capacidad, el cimiento consiste en plateas o anillos de cimentación, pudiendo ser necesaria en algunos casos la construcción de subzapatas con concreto pobre.

a. Tipos de cimientos

a.1 Plateas de cimentación

Este tipo de fundación son cimentaciones superficiales, sobre el terreno natural, una losa de hormigón armado apoyada en el terreno, reforzada con vigas perimetrales y vigas debajo de los muros portantes.

Empleadas cuando el terreno natural no es apto para cimentaciones convencionales, terreno mano, arcillas expandibles, que cambian de volumen por la humedad, se dilatan y al secarse se contraen. Cuando existen napas de agua freática, y cuando los estratos firmes están demasiado profundos, que harían antieconómico y poco confiables el uso de pilotes y pozos romanos.

Empleadas cuando la edificación es muy pesada, resultando las bases y zapatas de dimensiones demasiado grandes y cercanas entre sí, cuando superan el 50% de la superficie del edificio sobre el terreno.

Empleadas en edificaciones livianas, como viviendas de una y dos plantas, como la construcción en seco *Steel framing*.

a.2 Anillos de cimiento

Este tipo de cimentación está representado por un anillo de hormigón armado que se rellena en su interior con un terreno bien compactado que permita que parte del tanque repose sobre el mismo de forma uniforme.

El peso del tanque se reparte parcialmente sobre el anillo de hormigón y el terreno debajo del tanque.

a.3 Metrado de cargas

Para realizar el diseño de cimentación del reservorio, en primer lugar se prosigue con el respectivo metrado de cargas, para poder hallar la carga última.

Para hallar el volumen del concreto, tomamos las medidas del reservorio del plano de AutoCAD, primero se halla el volumen

del concreto, luego hallamos el volumen del agua del reservorio, y restamos el volumen del agua, luego se halla el concreto de las paredes que se encuentran dentro del reservorio.

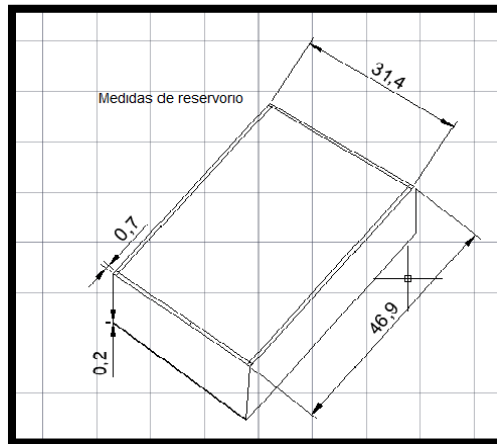


Figura 29. Medidas del reservorio RPP – 04

Elaboración: las autoras

Teniendo las medidas que se encuentran en la figura se procede a hallar el volumen de concreto del reservorio.

$$Volr = 8.85 * 31.40 * 49.90$$

$$volr = 13033.041 \text{ m}^3$$

Ya que se conoce las medidas respectivas, se puede hacer el almacenamiento del agua.

$$Vol \text{ agua} = 30 * 45.5 * 8.65$$

$$Vol \text{ agua} = 11807.25 \text{ m}^3$$

Entonces se resta el volumen – volumen del agua obtenemos el volumen del concreto.

$$Volconcreto = volr - vol \text{ agua}$$

$$Volconcreto = 1225.791 \text{ m}^3$$

Dentro del reservorio se cuenta con seis paredes de concreto, las cuales también se considera para hallar el volumen del concreto total.

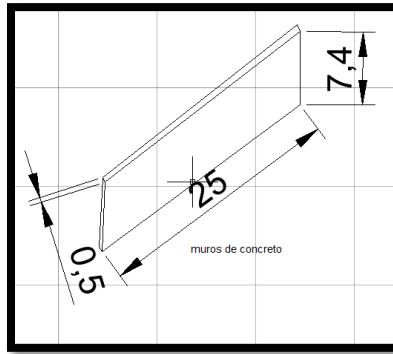


Figura 30. Muro de concreto del reservorio RPP – 04

Elaboración: por las autoras

Teniendo las medidas como se muestra en la figura se halla el volumen de concreto de la pared.

$$Volconpared = 0.50 * 25.0 * 7.40$$

$$Volconpared = 6 * 92.5$$

$$Volconpared = 555 \text{ m}^3$$

Ya obteniendo todos los volúmenes respectivos se prosigue a la suma de todos para poder tener el Volumen de concreto total.

$$Vol \text{ concretotot} = Volconcreto + Volconpared$$

$$Vol \text{ concretotot} = 1854791 \text{ m}^3$$

Luego hallamos el peso muerto, multiplicando el peso específico del concreto por el volumen del concreto total que se encuentra en el reservorio, hallado en el paso anterior.

$$Wmuerto = \gamma_{concreto} * Vol \text{ concretotot}$$

$$Wmuerto = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1854791 \text{ m}^3$$

$$Wmuerto = 4451498.4 \text{ kg}$$

El peso muerto obtenido es de **4451498.4 kg**

Se obtendrá el peso del agua del reservorio, el cual se obtiene multiplicando el volumen del agua por el peso específico del agua.

$$Wagua = Vol \text{ agua} * \gamma_{agua}$$

$$W_{agua} = 10000 \text{ m}^3 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$W_{agua} = 10 * 10^6 \text{ kg}$$

Se tomó el volumen del agua en 10,000 m³, ya que el reservorio se dividirá en dos partes iguales; los señalados se encuentran dentro del reservorio de 20,000 m³.

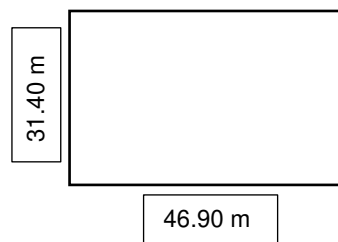
Se prosigue a realizar la suma del peso muerto del reservorio con el peso del agua.

$$W_t = W_{muerto} + W_{agua}$$

$$W_t = 4451498.4 \text{ kg} + 10 * 10^6 \text{ kg}$$

$$W_t = 14451498.4 \text{ kg}$$

Se continúa hallando el área del concreto que tiene el reservorio de 10,000 m³



$$Ar = \text{largo} * \text{ancho}$$

$$Ar = 31.40 \text{ m} * 46.90 \text{ m}$$

$$Ar = 1472.66 \text{ m}^2$$

Se prosigue a realizar el metrado de cargas

$$\frac{14451498.4 \text{ kg}}{1472.66 \text{ m}^2} * \frac{1 \text{ m}^2}{10^4 \text{ cm}^2} = 0.88 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Como se realizó el metrado de cargas a solo un reservorio de 10,000 m³, se multiplica el resultado final por dos, así obteniendo el metrado de cargas para el reservorio de cabecera.

$$M_c = 0.88 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 2$$

$$M_{ct} = 1.76 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

La teoría de Terzagui

Según Brajas la teoría de Terzagui era una de las primeras aplicaciones de cimentaciones que cubre los suelos con cohesión y fricción;

teoría que viene siendo la más aplicada en el campo de la cimentación especialmente en los casos de cimentaciones poco profundas.

Aplicando la teoría de Terzagui, la capacidad Portante Admisible será:

Tabla 46. Tipos de Cimentación

Tipo de Cimentación	Cc Nc Corrección	Cy Ny Corrección
Circular	1.2	0.70
Cuadrada	1.25	0.85
Rectangular		
L/B =2	1.12	0.90
L/B=5	1.05	0.95
L/B=10	1.00	1.00

Elaboración: las autoras

Los valores para factores de capacidad de carga debidos a la cohesión, a la sobrecarga y al peso del suelo son respectivamente:

Considerando que nuestra cimentación es cuadrada teniendo los siguientes datos para el cálculo:

B= Ancho de la cimentación	B=1.20 m
L= Longitud de la cimentación	L=158 m
D= Profundidad de la cimentación	D=1.20 m
Φ = Ángulo de fricción	Φ =30.00°
c = Cohesión	c=0 kg/cm ²
γ = Peso específico del suelo	γ =15.98 kN/m ²
C _{f1} =Factor de forma (1)	C _{f1} =1.3
C _{f2} =Factor de forma (2)	C _{f2} =0.8

Capacidad de carga a la cohesión:

$$N_c = \frac{2Pp_c}{B_c} + tg\phi$$

Reemplazando en la siguiente ecuación:

$$N_c = 22.456$$

Capacidad de carga a la sobrecarga:

$$N_q = \frac{2Pp_q}{B\gamma * D_f}$$

Reemplazando en la siguiente ecuación:

$$N_q = 37.162$$

Capacidad de carga al suelo:

$$N_\gamma = \frac{4Pp}{B^2 * \gamma}$$

Reemplazando en la siguiente ecuación:

$$N_\gamma = 27.084$$

Hallando la carga admisible:

$$q_{ad} = \frac{1}{F_s} (C_f1CN_c + C_f2\frac{B}{2}\gamma N_\gamma + \gamma DN_q)$$

Reemplazando en la siguiente ecuación obtenemos la capacidad portante según Terzaghi.

Tabla 47. Carga Admisible (1)

qult=	638.55 kN/m ²	q=	121069.67 kN	Qamd=	212.85 kN/m ²
qult=	65.11 t/m ²	q=	12345.47 t	Qamd=	2.17 t
qult=	6.51 kg/cm ²	q=	12345474.36 kg	Qamd=	2.17 kg/cm ²

Elaboración: las autoras

$$q_{adm1} = 2.17 \text{ kg/cm}^2$$

Fórmula de Meyerhof (1963)

En este método se utiliza una fórmula parecida a la de Terzagui. Las diferencias son en los coeficientes de forma.

Se utiliza un coeficiente s_q que se multiplica el factor N_q , factores de profundidad d_i y de pendiente i_i , en caso de que la cimentación sea vertical.

Se utilizará las siguientes fórmulas:

Carga vertical

$$q_{ult} = c * N_c * S_c * d_c + \gamma * D * N_q * S_c * d_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma * s_\gamma * d_\gamma$$

Carga inclinada

$$q_{ult} = c * N_c * i_c * d_c + \gamma * D * N_q * i_q * d_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma * x_i * d_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2(45 + \phi/2)$$

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

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$$

Factores de forma

Para $\phi > 10$

$$s_c = 1 + 0.2 k_p \frac{B}{L}$$

Para $\phi = 0$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 k_p \frac{B}{L}$$

Factor de profundidad:

$$d_c = 1 + 0.2 \sqrt{k_p} \frac{D}{B}$$

Para $\phi > 0$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{k_p} \frac{D}{B}$$

Para $\phi = 0$

$$dq = d\gamma = 1$$

Factor de Inclinación:

$$ic = i\gamma = (1 - \theta/90)^2$$

Para $\phi > 0$

$$i\gamma = (1 - \theta/\phi)^2$$

Para $\phi = 0$

$$i\gamma = 0$$

Donde $k_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$

Θ = Inclinación resultante de la vertical.

Teniendo los siguientes datos se prosigue a hallar la carga última (qult)

B= Ancho de la cimentación	B=1.20 m
L= Longitud de la cimentación	L=158 m
D= Profundidad de la cimentación	D=1.20 m
Φ = Ángulo de fricción	$\Phi=30.00^\circ$
c = Cohesión	c=0 kg/cm ²
γ = Peso específico del suelo	$\gamma=15.98$ kN/m ²

Resolviendo obtenemos el coeficiente de empuje pasivo:

$$k_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$k_p = \tan^2(45^\circ + 30^\circ/2)$$

$$k_p = 3$$

Como $\phi > 10$, $\phi = 30^\circ$

Factores de forma

Para $\phi > 10$

$$sc = 1 + 0.2k_p \frac{B}{L}$$

$$sc = 1 + 0.2(3) \frac{1.20}{158}$$

$$sc = 1.00456$$

Factor de profundidad

Para $\phi > 0$

$$dq = d\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{k_p} \frac{D}{B}$$

$$dq = d\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{3} \frac{1.20}{1.20}$$

$$dq = d\gamma = 1.34641$$

Factor de Inclinación

Para $\phi > 0$

$$ic = i\gamma = (1 - \theta/\phi)^2$$

$$i\gamma = (1 - 0/30)^2$$

$$i\gamma = 1$$

Hallamos Nq

$$Nq = e^{\pi \tan \phi} \tan^2(45 + \phi/2)$$

$$Nq = 18.40112222$$

Hallamos Nc

$$Nc = (Nq - 1) \cot \phi$$

$$Nc = 30.13962779$$

Hallamos $N\gamma$

$$N\gamma = (Nq - 1) \tan(1.4\phi)$$

$$N\gamma = 15.66804082$$

Reemplazando todos los datos obtenidos tenemos la $qult$.

$$qult = c * Nc * Sc * dc + \gamma * D * Nq * Sc * dq + 0.5 * \gamma * B * N\gamma * s\gamma * d\gamma$$

Reemplazando en la siguiente ecuación obtenemos la capacidad portante según *Meyerrhoff*.

Tabla 48. Carga Admisible (2)

qult=	591.74 kN/m ²	q=	11294.76 kN	Qamd=	197.25 kN/m ²
qult=	60.34 t/m ²	q=	11440.50t	Qamd=	2.01 t
qult=	6.03 kg/cm ²	q=	11440499.22 kg	Qamd=	2.01 kg/cm ²

Elaboración: las autoras

$$q_{adm2} = 2.01 \text{ kg/cm}^2$$

Capacidad portante según *Hansen* (1970):

Es la extensión de la fórmula de *Meyerhof*. Se introduce b_i , que tiene en cuenta la inclinación en la horizontal del nivel de cimentación y el factor g_i para los terrenos que tienen pendiente. Se puede utilizar en cualquier tipo de cimentación superficial o profunda.

Para valores de $D/B < 1$

$$d_c = 1 + 0.4 \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D}{B}$$

Para valores de $D/B > 1$

$$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

En el caso de que $\phi = 0$

D/B	0	1	1.1	2	5	10	20	100
d''c	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.559	0.61	0.62

Factor de forma

Para $\phi=0$

$$s'c = 0.2 \frac{B}{L}$$

Para $\phi>0$

$$sc = 1 + \frac{NqB}{NcL}$$

$sc = 1$ (para cimentaciones continuas)

$$sq = 1 + \frac{B}{L} \tan\phi$$

$$sy = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Factor de Profundidad

Para $\phi=0$

$$d'c = 0.4k$$

Para $\phi>0$

$$dc = 1 + 0.4k$$

$$dq = 1 + 2 \tan\phi (1 - \sin\phi) k$$

$d\gamma = 1$ para cualquier ϕ

$$k = \frac{D}{B} \text{ si } \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \tan^{-1} \frac{D}{B} \text{ si } \frac{D}{B} > 1$$

Factor de inclinación de carga

Para $\phi=0$

$$i'c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_F c_a}}$$

Para $\phi>0$

$$ic = iq = \frac{1 - iq}{Nq - 1}$$

Para $n=0$

$$iq = \left[1 - \frac{0.5H}{V + A_F c_a \cot\phi} \right]^5$$

Para $n>0$

$$iq = \left[1 - \frac{(0.7 - n/450)H}{V + A_F c_a \cot\phi} \right]^5$$

Factores de inclinación de terreno (cimentación sobre talud)

Para $\phi=0$

$$g'c = \frac{\beta}{147}$$

Para $\phi>0$

$$gc = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$gq = g\gamma = (1 - 0.5 \tan\beta)^5$$

Factores de inclinación de nivel de cimentación (base inclinada)

Para $\phi=0$

$$b'c = \frac{n^\circ}{147^\circ}$$

Para $\phi>0$

$$bc = 1 - \frac{n^\circ}{147^\circ}$$

$$bq = \exp(-2n \tan \phi)$$

$$bq = \exp(-2.7n \tan \phi)$$

Teniendo los siguientes datos proseguimos a hallar la carga última (qult).

B= Ancho de la cimentación	B=1.20 m
L= Longitud de la cimentación	L=158 m
D= Profundidad de la cimentación	D=1.20 m
Φ = Ángulo de fricción	$\Phi=30.00^\circ$
c = Cohesión	c=0 kg/cm ²
γ = Peso específico del suelo	$\gamma=15.98$ kN/m ²

Del método anterior obtenemos:

Hallamos Nq

$$Nq = e^{\pi \tan \phi} \tan^2(45 + \phi/2)$$

$$Nq = 18.40112222$$

Hallamos Nc

$$Nc = (Nq - 1) \cot \phi$$

$$Nc = 30.13962779$$

Hallamos $N\gamma$

$$N\gamma = (Nq - 1) \tan(1.4\phi)$$

$$N\gamma = 15.66804082$$

β = inclinación de la carga

$$\beta = 0$$

Podemos afirmar:

$$\beta \leq \phi$$

$$0 \leq 30^\circ$$

n= inclinación de la cimentación

$$n = 0$$

Podemos afirmar

$$\beta + n \leq 90$$

$$\beta + n = 0$$

Hallamos D/B

$$D/B = \frac{1.20}{1.20} = 1$$

Hallamos dq

$$dq = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

$$dq = 1 + 2 \tan(30^\circ) (1 - \sin(30^\circ))^2 \tan^{-1} \frac{1.20}{1.20}$$

$$dq = 1.86603$$

En el caso de que D/B=1 se utilizará, dc= 0.40

D/B	0	1	1.1	2	5	10	20	100
d''c	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.559	0.61	0.62

Factor de forma

Para $\phi=0$

$$s'c = 0.2 \frac{B}{L}$$

Para $\phi>0$

$$sc = 1 + \frac{Nq B}{Nc L}$$

$$sc = 1 + \frac{18.40112222}{30.13962779} \frac{1.20}{158.00}$$

$$sc = 1.00464$$

$sc = 1$ (para cimentaciones continuas)

$$sq = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$$

$$sq = 1 + \frac{1.20}{158} \tan(30^\circ)$$

$$sq = 1.00438$$

$$sy = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

$$sy = 1 - 0.4 \frac{1.20}{158}$$

$$sy = 0.99696$$

Factor de Profundidad

Para $\phi > 0$

$$dc = 1 + 0.4k$$

$$dc = 1 + 0.4k$$

$$dc = 1.4$$

$$dq = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) k$$

$$dq = 1 + 2 \tan(30^\circ) (1 - \sin(30^\circ)) k$$

$$dq = 1.86603$$

$d\gamma = 1$ para cualquier ϕ

$$k = \frac{D}{B} \text{ si } \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = 1$$

Factor de inclinación de carga

ecc.B= Excentricidad en Base

ecc.L= Excentricidad en Largo

$$A_F = (B - 2 * ecc.B) * (L - 2 * ecc.L)$$

$$A_F = (1.20 - 2 * 0) * (158 - 2 * 0)$$

$$A_F = 189.6$$

Para $\phi > 0$

$$ic = iq = 1$$

Factores de inclinación de terreno (cimentación sobre talud)

Para $\phi > 0$

$$\phi = 30$$

$$gc = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$gc = 1 - \frac{0}{147}$$

$$gc = 1$$

$$gq = g\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$$

$$gq = g\gamma = (1 - 0.5 \tan 0/180)^5$$

$$gq = g\gamma = 1$$

Factores de inclinación de nivel de cimentación (base inclinada).

Para $\phi > 0$

$$\phi = 30$$

$$bc = 1 - \frac{n^\circ}{147^\circ}$$

$$bc = 1 - \frac{0}{147^\circ}$$

$$bc = 1$$

$$bq = \exp(-2ntan\phi)$$

$$bq = \exp(-2(0)\tan(30^\circ))$$

$$bq = 1$$

$$bg = \exp(-2.7ntan\phi)$$

$$bg = \exp(-2.7(0)\tan(30))$$

$$bg = 1$$

Reemplazando en la formula tenemos la qult

$$qult = c * Nc * ic * dc + \gamma * D * Nq * iq * dq + 0.5 * \gamma * B * N\gamma * xi * dy$$

Tabla 49. Carga Admisible (3)

qult=	670.61 kN/m ²	q=	127148.23 kN	Qamd=	223.57 kN/m ²
qult=	68.38 t/m ²	q=	12965.30 t	Qamd=	2.28 t
qult=	6.84 kg/cm ²	q=	12965304.53 kg	Qamd=	2.28 kg/cm ²

Elaboración: las autoras

$$qadm = 2.28 \text{ kg/cm}^2$$

Ya que se utilizó tres métodos se saca el promedio de estos para poder determinar la carga admisible del suelo

$$qadm = qadm1 + qadm2 + qamd3$$

$$qadm = 2.17 + 2.01 + 2.28$$

$$qadm = 2.153 \text{ kg/cm}^2$$

Como el metrado de carga del reservorio de 10,000 es de 0.88 kg/cm² y la carga admisible promedio del suelo es de 2.153 kg/cm², por lo tanto se tomará la mayor carga admisible obtenida que es de 2.28 kg/cm². Se afirma que la estructura no presentará ningún tipo de falla.

Tabla 50. Capacidad Portante admisible

Capacidad Portante Admisible –Reservorio de 20,000 m3					
Estructura y tipo de Cimentación	Profundidad de Cimentación D(m)	Ancho de Cimentación B(m)	Ángulo de fricción interna ϕ°	Cohesión C (kg/cm ²)	Carga Admisible Qadm(kg/cm ²)
Cuadrada	1.20 m	1.20 m	30°	0	2.28

Elaboración: las autoras

6.5 Asentamiento

Los asentamientos de cimentación en roca se hacen a través de modelos elásticos, isotrópicos o anisótropos, siendo el problema principal la determinación de los parámetros elásticos.

$$\Delta H = \frac{C_d B q_0}{E_s} (1 - u_s^2)$$

Dónde:

Ancho de cimentación B= 1.20m

Longitud de cimentación L=158m

Carga transmitida $q_0 = 2.153 \text{ kg/cm}^2$

Años proyectados

de asentamiento $a_p = 2 \text{ años}$

Relación de *Poisson* $u_s = 0.43$

Módulo de elasticidad

Roca Andesita $E_s = 12239.97 \text{ kg/cm}^2$

Coefficiente $C_d = 2.25$

Tabla N°51. Cálculo de Cd

Figura	Centro	Esquinas	Mitad del lado más pequeño	Mitad del lado más largo	Promedio
Círculo	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
Círculo rígido	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Cuadrado	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
Cuadrado rígido	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
Rectángulo					
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

Fuente: Winterkorn and Fang (1975)

El asentamiento será el siguiente:

Tabla N°52. Asentamientos

Cálculo de asentamientos –Reservorio de 20,000 m ³					
Estructura y tipo de Cimentación	Suelo y/o roca de cimentación	Df (m)	B(m)	Carga Admisible Qadm (kg/cm ²)	S(cm) Asentamiento Total
Cuadrada	Andesita	1.20 m	1.20 m	2.28	0.03 cm

Elaboración: las autoras

6.6 Tipo de Reservorio

Los reservorios de almacenamiento pueden ser elevados, apoyados y enterrados. Los elevados que generalmente tienen forma cilíndrica y de paralelepípedo, son construidos sobre torres, columnas, pilotes, etc.; los apoyados, que principalmente tienen forma rectangular y circular, son construidos directamente sobre la superficie del suelo, y los enterrados de forma rectangular, construidos por debajo de la superficie del suelo.

De acuerdo a la ubicación, los reservorios pueden ser de cabecera o flotantes. En el primer caso, los reservorios de cabecera se alimentan directamente de la captación, pudiendo ser por gravedad o bombeo y elevados o apoyados, y alimentan directamente de agua a la población.

En segundo lugar, los flotantes son típicos reguladores de presión, casi siempre son elevados y se caracterizan porque la entrada y la salida del agua se hacen por el mismo tubo.

CONCLUSIONES

1. Los resultados del estudio geotécnico influyen en la determinación del ancho (1.20), la longitud (158), la profundidad (1.20), el ángulo de fricción (30°), la cohesión (0), y el tipo de cemento I que se utiliza en el diseño de la cimentación del reservorio, en el sector 330, de Villa María del Triunfo.
2. Los resultados del estudio geológico, determinó que el sector está conformado por depósito Aluvial Pleistoceno, constituido por acumulaciones aluviales desérticas del Cuaternario antiguo; y su litología conformada por bloques de roca de naturaleza intrusiva y volcánica, gravas, arenas de diversa granulometría y a una matriz limo arcillosa.
3. El ensayo de granulometría determina que el sector 330 es de tipo I-a Normal (86%), tipo I-b Normal (11%) y tipo semirocoso (3%).
4. La prueba de corte directo determina que la cohesión es 0 kg/cm² y el ángulo de fricción interna es igual a 30.20°.
5. La prueba de proctor estándar determinó que la humedad óptima es de 14.30% y la densidad seca máxima es de 1.645 gr/cm³.

6. El análisis químico determina que el contenido de sales es de 0%, el cual nos da como resultado utilizar el cemento tipo portland I para el diseño de la cimentación.

RECOMENDACIONES

- 1.** Emplear cemento Portland tipo I en la preparación del concreto de los cimientos para el sector 330.
- 2.** Realizar un buen estudio geotécnico para cualquier tipo de proyecto de construcción.
- 3.** Utilizar los resultados exclusivamente para el área de estudio.
- 4.** Realizar cortes en la roca, emplear martillo neumático y/o explosivos, así como implementar mecanismos de prevención para la construcción de un reservorio.
- 5.** Cimentar hasta llegar a la roca en el mejor estado, verificando la condición de la misma.
- 6.** Sedimentar con mortero de cementos inyectado a presión si se encuentra roca muy fracturada.

GLOSARIO

Agregado. Material granular de diferentes tamaños. Estas pueden ser arena, grava, escoria o roca triturada, usados para ser mezclados en diferentes tamaños.

Agregado Fino. El agregado fino es un material granular que pasa por la malla N° 4 (4.75 mm) y contiene finos.

Agregado Grueso. Proveniente de la desintegración natural o artificial esta es retenida en la malla en la malla N°4 (4.75 mm).

Asentamiento. Hundimiento gradual de una estructura.

ASTM. *American Society for Testing and Materials* o Sociedad Americana para Ensayos y Materiales.

Calicata. Excavación de pequeña profundidad realizada manualmente o con maquinaria.

Corte directo. Ensayo para determinar la rotura de una muestra según un plano predeterminado, con el fin de poder conocer experimentalmente los parámetros de cohesión y ángulo de rozamiento que no definen la resistencia del suelo granular.

Carga admisible. Carga que induce la máxima fatiga admisible en una sección crítica de un miembro estructural.

Cohesión. Resistencia al corte del terreno cuando la presión normal efectiva es nula.

Curva granulométrica. Representación gráfica de la distribución granulométrica de un suelo.

Granulometría. Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas.

Geotecnia. Rama de la Ingeniería geológica e Ingeniería civil que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes del medio geológicos, aplicadas a las obras de Ingeniería Civil.

Grado de consolidación. Porcentaje de las sobrepresiones intersticiales disipadas después de la aplicación de una carga sobre un suelo con respecto a la totalidad de las generadas por la aplicación de dicha carga.

Estratigrafía. Elemento gráfico que define la descripción de las capas componentes del subsuelo, su profundidad, su espesor y algunas de sus propiedades.

Proctor Estándar. Ensayo para determinar la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada.

Laboratorio. Es una organización que mide, examina, ejecuta los ensayos; o de otra forma, determina las características o el comportamiento de materiales o productos.

Lixiviación. Extracción de la materia soluble de una mezcla mediante la acción de un disolvente líquido.

Material Granular. Producto de la desintegración natural o forzosa, su tamaño es igual al de las gravas y arenas.

Mecánica de Suelos. Aplicación de los principios de la mecánica y de la hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan de la naturaleza y el comportamiento de los suelos, sedimentos y otras acumulaciones de partículas sólidas.

Muestra. Es un segmento de una población seleccionado según la norma correspondiente o un procedimiento estadístico aceptado, para representar a toda la población.

Muestreo aleatorio. Una muestra tomada empleando un plan de muestreo, en el cual cada unidad del lote debe tener la oportunidad de ser elegida.

NTP. Norma Técnica Peruana

Tamiz. Instrumento utilizado para separar las partículas de suelos según su tamaño. Consiste en un recipiente cilíndrico cuyo fondo lo forma una malla de alambre de cobre o de acero inoxidable.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Bibliográficas

Alarcón, A. (2013). *Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación en la Av. Costanera II etapa*(Tesis de pregrado) – Puno. Universidad Alas Peruanas.

Bauzá, J. (2015). *El tratamiento de los suelos arcillosos con cal comportamiento mecánico y evolución a largo plazo ante cambios de humedad.* (Tesis de pregrado) Universidad de Sevilla.

Bertram, G. (2015). *Ensayos de suelos fundamentales para la construcción.* Editorial: International Road Federation. Washington, Estados Unidos.

Brajas, M. (2014). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*, México DF, México.

Bowles E. (1982). *Manual de laboratorio de suelos de ingeniería civil*, México DF, México.

Centeno, Cortez y Salguero (2018). *Elaboración del mapa de características geotécnicas de los municipios de antiguo Cuscatlán y Santa Tecla y propuesta de requerimientos mínimos en estudios geotécnicos para muros de retención, taludes y edificaciones de menos de tres niveles.* Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Cruz, N, (2016). *Análisis geotécnico y propuesta de cimentaciones sobre rellenos en la zona nor-oeste de la ciudad de Juliaca*. (Tesis de pregrado) En la Universidad andina Néstor Cáceres Velásquez, Facultad de Ingeniería Civil.

Coronado, E. (2009). *Obras Civiles para los Reservorios RP-4A, RP-6B, RP-3C del proyecto Ampliación y Mejoramiento de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado para Sargento Lorentz – 2da Etapa*. En la Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería.

Juárez B. y Rico R. (1995). *Mecánica de suelos. Teoría y aplicaciones de mecánica de suelos*, México DF, México.

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2010). Norma E.050 Suelos y Cimentaciones.

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2018). Norma E.030 Diseño Sismorresistente.

MTC E 107 (2016). *Análisis Granulométrico de suelos por tamizado*. Manual de Ensayos de Materiales. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Edición. 2016.

MTC E 116 (2016). *Compactación del Suelo en Laboratorio utilizando una energía estándar (Proctor Estándar)*. Manual de Ensayos de Materiales. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Edición. 2016.

MTC E 123 (2016). *Corte Directo*. Manual de Ensayos de Materiales. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Edición. 2016.

MTC E 129 (2016). *pH en los suelos*. Manual de Ensayos de Materiales. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Edición. 2016.

Obando, T. (2009). *La Ingeniería Geológica, el camino para quienes inician una vida profesional aportando soluciones compatibles a las necesidades constructivas y ambientales globales*. Geología, Peligros Naturales y Geotecnología.

OPS (2005). *Guías para la construcción de reservorios elevados de agua potable*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

Robles, D. (2014). *Estudio de suelos*. Proyecto Salón Comunal Vereda La Ovejera municipio del Tambo, Departamento de Nariño.

Salvador, M. (2013). *Estudio general del sistema de almacenamiento de agua potable en los distritos de Lima Sur y Lima Centro*. En la Universidad Nacional de Ingeniería.

Sobrecases, M. (2018). *Tratamientos del Terreno: Innovación y tendencias en el diseño de cimentaciones*. [Actualización por parte del equipo de geotecnia]. Lima: PUCP

SUCS (2016). *Sistema Unificado de Clasificación de Suelos*. Manual de Ensayos de Materiales. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Edición. 2016.

Tabla de pesas (2018). *Tabla de pesas para ensayo de corte directo*. Recuperado de los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Teniente, A. (2016). *Análisis comparativo en la determinación de la capacidad admisible por los métodos de Terzagui y Meyerhof, para el diseño de cimentaciones superficiales según las características del suelo de Inquilpata del distrito de Anta*. En la Universidad Andina del Cusco, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

ANEXOS

	Página
Anexo 1. Cuadro de resumen de los resultados	140
Anexo 2. Manuales y normas	144
Anexo 3. Identificación de especímenes	157
Anexo 4. Certificados de calibración	163
Anexo 5. Plano de ubicación del distrito de VMT	182
Anexo 6. Plano de ubicación del sector 330	184
Anexo 7. Plano de ubicación del reservorio proyectado	186
Anexo 8. Plano de ubicación de calicatas	188
Anexo 9. Plano geológico	190
Anexo 10. Plano geomorfológico	192
Anexo 11. Corte del reservorio proyectado	194
Anexo 12. Detalle del reforzamiento del reservorio	196
Anexo 13. Matriz de consistencia	198

ANEXO 1

CUADRO DE RESUMENES DE RESULTADOS

Resumen Calicatas Realizadas Para El Proyecto

Calicata n°	Profundidad	Coordenadas		SUELO
		Este	Norte	
C-1	3.00 m	290234.00	8648840.00	Tipo 1 normal
C-2	3.00 m	288797.00	8652997.00	Tipo 1 normal
C-3	2.50 m	288657.00	8652623.00	Tipo 1 normal
C-4	2.50 m	288736.00	8652866.00	Rocoso y Roca Fragmentada
C-5	0.70 m	289056.00	8653249.00	Roca Fragmentada

CUADRO RESUMEN DE ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

Calicata	Muestra	Prof(m)	W% natural	L.L	L.P	SUCS
C-1	M1	3.00 m	2.17	N.P	N.P	SP
C-2	M1	3.00 m	1.42	N.P	N.P	SP
C-3	M2	2.50 m	0.99	N.P	N.P	SP
C-4	M2	2.50 m	2.55	N.P	N.P	SP-SM
C-5	M2	0.70m	0.80	N.P	N.P	SP-SM

CUADRO RESUMEN DE PRUEBA DE CORTE DIRECTO

Prueba de Corte Directo			
ESPECIMEN	A	B	C
LADO(cm)	6.00	6.00	6.00
ALTURA(cm)	2.54	2.54	2.54
ÁREA	15.26	15.26	15.26
DENSIDAD SECA(gr/cm ³)	1.490	1.490	1.490
HUMEDAD INICIAL (%)	1.63	1.63	1.63
ESFUERZO NORMAL(kg/cm ²)	0.50	1.00	1.50

CUADRO RESUMEN DE PRUEBA DE CORTE DIRECTO

Deformación Unitaria	Esfuerzo Cortante (kg/cm ²)		
0.5	0.05	0.10	0.15
1	0.10	0.19	0.30
2	0.20	0.34	0.42
3	0.26	0.61	0.79
4	0.28	0.67	0.90
5	0.28	0.68	0.98
6	0.30	0.68	1.03
7	0.34	0.69	1.03
8	0.37	0.69	1.06
9	0.38	0.69	1.07
10	0.38	0.69	1.08
11	0.39	0.69	1.08
13	0.39	0.69	1.08
15	0.39	0.69	1.08

CUADRO RESUMEN ENSAYO PROCTOR ESTÁNDAR

N° DE CAPA	3	3	3	3
GOLPES POR CAPA N°	25	25	25	25
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	5910	5960	5990	5991
PESO DE MOLDE(gr)	4215	4215	4215	4215
PESO DE SUELO HUMEDO(gr)	1695	1745	1775	1776
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	943	943	943	943
DENSIDAD HUMEDA(gr/cm3)	1,797	1,850	1,882	1,883
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.61	1.63	1.62	1.61
TARRO N°				
TARRO + SUELO HUMEDO (gr)	249.5	244.2	295.0	251.6
TARRO + SUELO SECO (gr)	226.9	220.9	263.9	219.9
PESO DE AGUA (gr)	22.65	23.26	31.07	31.69
PESO DE TARRO (gr)	29.18	45.33	63.21	35.58
PESO DEL SUELO SECO(gr)	197.7	175.6	200.7	184.4
HUMEDAD (%)	11.46	13.25	15.48	17.19

CUADRO RESUMEN DE CONTENIDO DE SULFATOS Y CLORUROS

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CONTENIDO DE SULFATOS (ppm)	CONTENIDO DE CLORUROS (ppm)
C -1	M2	0.70 - 3.00	3.14	2.97
C-2	M2	0.50 - 1.70	4.11	19.00
C-3	M3	2.00 - 3.00	439.03	218.10
C-4	M3	2.50 - 3.00	3.57	18.89
C-5	M2	1.00 - 1.20	964.54	18.89

REQUISITOS DE CONCRETOS

Debido que nuestras muestras se encuentran en exposición moderada utilizamos el cemento tipo I.

ANEXO 2

MANUALES Y NORMAS

ANEXO 3
IDENTIFICACIÓ DE ESPECÍMENES

ANEXO 4
CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

ANEXO 5

PLANO DE UBICACIÓN DEL DISTRITO DE VMT

ANEXO 6

PLANO DE UBICACIÓN DEL SECTOR 330

ANEXO 7

PLANO DE UBICACIÓN DEL RESERVORIO PROYECTADO

ANEXO 8

PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS

ANEXO 9
PLANO GEOLÓGICO

ANEXO 10

PLANO GEOMORFOLÓGICO

ANEXO 11

CORTE DEL RESERVORIO PROYECTADO

ANEXO 12

DETALLE DE REFORZAMIENTO DEL RESERVORIO

ANEXO 13

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA
Problema general:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable dependiente:		
¿En qué medida incide el estudio geotécnico en el diseño de cimentación para un reservorio de cabecera de 20 000 m ³ , en el sector 330 de Villa María del Triunfo?	Evaluar la incidencia del estudio geotécnico en el diseño de la cimentación para un reservorio de cabecera de 20 000 m ³ , en el sector 330 de Villa María del Triunfo.	El estudio geotécnico incide en la determinación de los parámetros de diseño de la cimentación del reservorio de cabecera de 20 000 m ³ , en el sector 330 de Villa María del Triunfo.	Parámetros del diseño de la cimentación	Parámetros de diseño	<p>1. DISEÑO Enfoque Aplicada: Se evaluará el proceso, los resultados y los impactos. Mixto: Cuantitativo. Se obtuvieron resultados numéricos. Cualitativo. Se obtuvieron características descriptivas. Descriptiva: Se indicaron los procedimientos específicos de cada ensayo. Diseño de la investigación Observacional: Los resultados fueron obtenidos mediante ensayos de laboratorio siguiendo las normas técnicas peruanas. Prospectivo: Los resultados serán evaluados durante toda la ejecución del proyecto. Transversal: Se realizará una sola toma de muestras. Nivel Descriptivo: Se describirán los resultados obtenidos y se interpretarán mediante gráficos.</p> <p>2. MUESTRA Población: Sector 330 de Villa María del Triunfo. Muestra: Reservorio proyectado de 20000 m³.</p> <p>3. INSTRUMENTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formatos de recolección de datos. • AutoCAD. <p>4. PROCEDIMIENTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Extracción de muestras por calicatas. • Análisis granulométrico. • Método de clasificación. • Análisis geológico. • Prueba de Corte Directo. • Prueba de Proctor Estándar. • Análisis químico del suelo.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos:	Variable Independiente:		
¿En qué medida incide el estudio geológico en el estudio geotécnico para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m ³ , en el sector 330 de Villa María del Triunfo?	Realizar el estudio geológico para determinar la composición del suelo y sus estratos para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m ³ , en el sector 330 de Villa María del Triunfo.	El estudio geológico incide en el diseño de la cimentación de un reservorio de 20 000 m ³ , en el sector 330 de Villa María del Triunfo.	Estudio Geotécnico	Composición de suelo	
¿En qué medida incide el ensayo de granulometría en el estudio geotécnico para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m ³ , en el sector 330 de Villa María del Triunfo?	Ejecutar el ensayo de granulometría para determinar el tipo de suelo para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m ³ , en el sector 330 de Villa María del Triunfo.	El ensayo de granulometría incide en el diseño de la cimentación de un reservorio de 20 000 m ³ , en el sector 330 de Villa María del Triunfo.		Tipo de suelo	
¿En qué medida incide la prueba de corte directo en el estudio geotécnico para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m ³ , en el sector 330 de Villa María del Triunfo?	Realizar la prueba de corte directo para determinar la cohesión, ángulo de fricción interna y la capacidad de carga última para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m ³ , en el sector 330 de Villa María del Triunfo.	La prueba de corte directo incide en el diseño de la cimentación de un reservorio de 20 000 m ³ , en el sector 330 de Villa María del Triunfo.		Cohesión, Ángulo de fricción y Capacidad de carga última	
¿En qué medida incide la prueba de proctor estándar en el estudio geotécnico para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m ³ , en el sector 330 de Villa María del Triunfo?	Realizar la prueba de proctor estándar para determinar la humedad óptima y densidad seca máxima para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m ³ , en el sector 330 de Villa María del Triunfo.	La prueba de proctor estándar incide en el diseño de la cimentación de un reservorio de 20 000 m ³ , en el sector 330 de Villa María del Triunfo.		Humedad óptima y Densidad seca máxima	
¿En qué medida incide el análisis químico en el estudio geotécnico para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m ³ , en el sector 330 de Villa María del Triunfo?	Realizar los análisis químicos para determinar los contenidos de sales, el pH y la conductividad eléctrica para el diseño de la cimentación de un reservorio de cabecera de 20 000 m ³ , en el sector 330 de Villa María del Triunfo.	El análisis químico incide en el diseño de la cimentación de un reservorio de 20 000 m ³ , en el sector 330 de Villa María del Triunfo.		Contenido de sales, pH y Conductividad eléctrica	