



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Diseño de muros anclados para sótano con dos niveles  
aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre – 2022

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Santander Vargas, Jesus Johnnathan ([orcid.org/0000-0003-2958-5770](https://orcid.org/0000-0003-2958-5770))

**ASESOR:**

Mg. Pinto Barrantes, Raul Antonio ([orcid.org/0000-0002-9573-0182](https://orcid.org/0000-0002-9573-0182))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Económico, Empleo y Emprendimiento

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

El proyecto de Tesis está dedicado a mi madre Rosa Vargas Bringas, por la dedicación que me brinda cada día de mi vida y para mi hermano José Luis Santander Vargas quien me direcciono hacia mi carrera de la cual me siento orgulloso.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Jesus Antonio Tupia Soto mi gran Nakama en el cual siempre puedo confiar, por su apoyo y enseñanza. Así mismo a su familia la cual siempre es hospitalaria y donde pase mucho tiempo estudiando de amanecidas y en ocasiones por días, también por la deliciosa comida que nos brindaba su madre Corali Soto, una familia excepcional que estimo y respeto, en ocasiones nos cortaron el internet por jugar de amanecida y hacer bulla, pero si no hubieran hecho eso al otro día hubiéramos llegado tarde a la Universidad.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
<b>I.INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II.MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>III.METODOLOGÍA .....</b>	<b>17</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	17
3.2. Variable y Operacionalización .....	18
3.3. Población, muestra y muestreo .....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	21
3.5. Procedimiento de datos .....	21
3.6. Método de análisis de datos .....	22
3.7. Aspectos éticos .....	22
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>32</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>35</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>36</b>
<b>REFERENCIAS</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> Resultado ensayo Corte Directo .....	29
<b>Tabla 2:</b> Propiedades de Resistencia y deformabilidad .....	29
<b>Tabla 3:</b> Longitudes de Bulbo en las 3 filas de anclajes del diseño con FHWA .....	30
<b>Tabla 4:</b> Longitudes de Bulbo en las 3 filas de anclajes del diseño con PTI .....	30
<b>Tabla 5:</b> Longitudes Libres de las 3 Filas de Anclaje del diseño con FHWA.....	30
<b>Tabla 6:</b> Longitudes Libres de las 3 Filas de Anclaje del diseño con PTI.....	30
<b>Tabla 7:</b> Longitudes Totales de las 3 Filas de Anclaje del Diseño con FHWA .....	31
<b>Tabla 8:</b> Longitudes Totales de las 3 Filas de Anclaje del Diseño con PTI .....	31

## Índice de figuras

Figura 1. muestra de un talud natural y la necesidad de evaluarlos .....	7
Figura 2. Tipos de Empuje Movilización de presiones Activas y Pasivas Rankini.....	7
Figura 3. Teoría de Coulomb Forma inclinada de la superficie de derrumbe.....	8
Figura 4. Teoría de Coulomb Cuña de rotura y las acciones que ocurren en ella .....	8
Figura 5. Movilización de presiones Activas y Pasivas Rankini .....	9
Figura 6. Muro de Gravedad se aprecia una sección típica.....	9
Figura 7. Dos tipos de solución en muros contrafuertes.....	10
Figura 8. se visualiza los muros anclados por anillos.....	10
Figura 9. se aprecian las diferentes fallas tipos de falla que se pueden presentaren los muros anclados .....	11
Figura 10. Se muestra un estudio geológico del suelo .....	12
Figura 11. Se aprecia las transmisiones de cargas en el anclaje .....	13
Figura 12. Se aprecia el diámetro inicial de un anclaje en un corte de sección .....	14
Figura 13. en la izquierda vemos el método de área tributaria y en la derecha método de la bisagra.....	15
Figura 14. Valores por tipo de suelo.....	15
Figura 15. Análisis usados en equilibrio límite para evaluar las cargas laterales .....	16
Figura 16. Accesibilidad de zona de estudio .....	24
Figura 17. Mapa de Localización .....	24
Figura 18. Calicata C-01 .....	25
Figura 19. Calicata C-02 .....	26
Figura 20. Calicata C-03 .....	26
Figura 21. Ensayo de cono de arena .....	27
Figura 22. foto panorámica del área .....	27
Figura 23. Ensayo de MASW-01 para determinar las velocidades de ondas S.....	28
Figura 24. Ensayo de Refracción sísmica LRF-01 y MASW.....	28
Figura 25. Perfil Estratigráfico de la Zona de Estudio.....	29

## Resumen

En nuestro país el proceso de construcción más usado para la estabilidad de grandes excavaciones son los muros anclados, ya que a diferencia de los otros tipos de muros de contención presenta una mayor estabilidad, además que en su mayoría se usa las indicaciones del FHWA-IF99-015, por lo cual fue necesario realizar esta investigación, la cual consistió en el Diseño de Muros Anclados para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, en Pueblo Libre – 2022, para el diseño del muro anclado se usaron dos normativas entre ellas, FHWA-IF-99-015 y el PTI 2014 para conocer sus diferencias y resultados en el diseño, se tuvo una investigación cuantitativa del tipo cuasi experimental, por la manipulación de la variable independiente con respecto a la variable dependiente el cual mostrara cambios en los resultado finales, sus resultados fueron que se presentaban diferencias en las longitudes libres, los resultados de las longitudes de bulbo del FHWA fueron 5.40 m a diferencia de la longitud de bulbo del PTI 2014 que fue 4.57 m, además también se encontró que la longitud libre aplicando el FHWA fue de 6.0 m y aplicando el PTI 2014 5.91 m, comprobando así que la hipótesis planteada fue correcta, además también se realizó una explicación detallada en el proceso de diseño, para una mejor comprensión, así mismo esta investigación da a conocer esta información a las personas interesadas en este tema, así como el detalle del proceso de diseño con cada normativa, la cual podrá usarse para diseñar muros anclados entregando como producto final una hoja de MatchCad Prime del desarrollo del diseño que podrá ser usado por las personas interesadas en este tema.

Palabras clave: FHWA, PTI 2014, Diseño, Muros Anclados.

## **Abstract**

In our country the most used construction process for the stability of large excavations are the anchored walls, because unlike other types of retaining walls, they present greater stability, in addition to the fact that most of them use the indications of the FHWA-IF99-015, so it was necessary to conduct this research, which consisted of the Anchored Wall Design for basement with two levels applying FHWA and PTI, in Pueblo Libre - 2022, for the design of the anchored wall two regulations were used, FHWA-IF-99-015 and PTI 2014 to know their differences and results in the design, a quantitative research of the quasi-experimental type was carried out, by manipulating the independent variable with respect to the dependent variable which showed changes in the final results, the results were that there were differences in the free lengths, the results of the bulb lengths of the FHWA were 5.40 m as opposed to the bulb length of the PTI 2014 which was 4.57 m, in addition it was also found that the free length applying the FHWA was 6.0 m and applying the PTI 2014 5.91 m, thus proving that the hypothesis raised was correct, in addition a detailed explanation was also made in the design process, for a better understanding, likewise this research makes this information known to people interested in this topic, as well as the detail of the design process with each regulation, which can be used to design anchored walls delivering as a final product a MatchCad Prime sheet of the design development that can be used by people interested in this topic.

Keywords: FHWA, PTI 2014, Design, Anchored Walls.



## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un gran incremento de la población, y la búsqueda de un lugar para vivir, por lo cual las construcciones de edificios se han incrementado. Andina Agencia Peruana de Noticias (2022), ya que el lugar de terreno que ocupan es mínimo y puede ser ocupado por una mayor cantidad de personas a diferencia de una casa tradicional, así mismo las personas que adquieren este tipo de lugares son personas de clase media y necesitan espacios para sus vehículos.

El sistema de muros anclados es una técnica de construcción de uso común para mejorar la estabilidad de las estructuras de contención, torres de transmisión, tuberías marinas, pendientes del suelo, nivelación del terreno, excavaciones profundas, sótanos de centros comerciales y en edificios, además empleados para limitar las deformaciones y mejorar la seguridad y el más usado, este método se utiliza para estabilizar excavaciones profundas aumentando la resistencia al corte del suelo y proporcionando resistencia a la extracción en la interfaz de la lechada y el suelo adyacente como soportes temporales o permanentes del suelo. “Este tipo de muro es el más usado hoy en día en los proyectos de edificaciones de la ciudad de Lima” Izarra Mendoza (2019, p. 26).

Por lo cual se tiene de problemática general ¿Cómo diseñar un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022?, y como problemas específicos ¿Cuál será el resultado del estudio de mecánica de suelos para iniciar el diseño de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022?, ¿Cuáles son las longitudes de bulbo de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022?, ¿Cuáles son las longitudes libres de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022?.

En el diseño de muros de anclaje, normalmente hay dos propósitos: primero, limitar las deformaciones horizontales y verticales del muro y las áreas adyacentes a valores muy pequeños, y segundo, proporcionar un factor de seguridad deseado para la estabilidad general de la excavación. pared. El diseño y la construcción inadecuados no solo pueden imponer daños severos a las estructuras adyacentes, sino que también pueden provocar el fracaso de la excavación y la pérdida de vidas en casos extremos.

Se justifica teóricamente su importancia ya que esta investigación dará a conocer las diferencias que se presentan entre la normativa FHWA y PTI en el diseño de un muro anclado, debido a que solo en nuestro país se diseña usando normativa FHWA, conociendo así las consideraciones, criterios, recomendaciones y factores de seguridad usados en cada normativa internacional.

Esta investigación se justifica en la práctica ya que los resultados obtenidos contribuirán a conocer la medida en que influye cada consideración de la normativa FHWA y PTI en el diseño, y como podríamos aplicarlo de acuerdo con el entorno o requerimientos que se tengan en un proyecto de diseño de muro anclado.

La justificación metodológica es cuantitativa ya que se basa en datos numéricos cuantificables, donde se elaborará una hoja de Match Cad mediante las metodologías de diseño, para obtener los resultados numéricos del anclaje, así mismo se realizará un modelado de muro anclado mediante el uso del software geo 5 para obtener datos de la estabilidad, además de realizar las verificaciones correspondientes al diseño. El tipo de investigación aplicada, ya que se hace el uso de las normativas FHWA y PTI usando como parámetros iniciales del proyecto con el fin de realizar el diseño de muro anclado.

En nuestro país no hay una normativa establecida para este tipo de diseño, solo se tiene algunas consideraciones. Por lo cual se diseña basado en otra normativa del US. Departamento o Transportación, Federal Highway Administración (1999) publicación FHWA-IF-99-015 perteneciente a Estados Unidos.

Esta investigación busca realizar una comparación en el proceso de diseño mediante dos normativas internacionales, ya que se tienen diferentes normas,

manuales, criterios y recomendaciones para el diseño de muros anclados y abarcara el proceso de diseño de muros anclados, además de dar a conocer las variaciones que se presentaron en el diseño aplicando FHWA y PTI entre otras normativas.

Teniendo como objetivo general; Diseñar un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022. Además de objetivos específicos; Realizar el estudio de mecánica de suelos para iniciar el diseño de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022, determinar las longitudes de bulbo de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022, determinar las longitudes libres de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022.

Así mismo se asume como Hipótesis general; Existen diferencias en los resultados del diseño de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022. Para Hipótesis específicas; El estudio de mecánica de suelos es necesario para iniciar el diseño de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022, Existe diferencia entre las longitudes de bulbo de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022, Existe diferencia entre las longitudes libres de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

Quispe Hilario y Landeo Escobar (2019) tuvo de objetivo precisar la estabilidad con respecto al muro anclado conservando el talud del suelo, su metodología fue descriptivo comparativo del tipo aplicado, su resultado fue que los desplazamientos del muro eran de 157.8 mm estos sobrepasaban lo permitido por el límite, en cuanto a su factor de seguridad era menor y no cumplía tampoco con su factor de seguridad, pero al hacer uso de los anclajes esto cambiaba y cumplía con los requisitos de estabilidad, su conclusión fue que el uso de anclajes en taludes es la mejor opción.

Izarra Mendoza (2019) su objetivo fue describir el proceso de un muro anclado teniendo un suelo arenoso, para identificar las fallas que causan las no conformidades en la construcción de muros anclados, su metodología fue descriptiva del tipo aplicada, su resultado fue que se encontraron tres causas de fallas en el proceso, su conclusión fue la importancia de los muros anclados, diciendo que es el slump debe tenerse en cuenta ya que influye en que se presenten fallas.

Enciso Saldaña y Núñez Álvaro (2019) el objetivo fue realizar la verificación del anclaje teniendo en cuanto a sus parámetros de diseño, su metodología fue cuantitativa descriptiva, cuasi experimental, su resultado fue que los parámetros del diseño estaban en los límites permitidos con un adecuado funcionamiento, su conclusión fue que la diferencia era de 2mm entre la deformación teórica y su deformación real, además que mientras mayor sea la carga del anclaje mayor sea su deformación residual.

Rivera Japa y Vasques Hermosilla (2020) su objetivo fue la demostración de la eficiencia en el desempeño, su metodología fue aplicada no experimental, su resultado fue que se optimizó los anclajes usando un programa para verificar el diseño mediante el software Slide, su resultado fue el cambio entre las variables, usando FHWA para el proceso de diseño, además de lograr el modelamiento mediante Slide contrastando el diseño inicial y el Software.

Huaylla y Rojas (2019) su objetivo fue Optimizar el diseño de anclajes mediante el uso de software, su metodología fue cuantitativa, su resultado fue la reducción en los parámetros del diseño de las longitudes de bulbo, su conclusión fue que mediante el uso del software GGU se puede dar la optimización de longitudes de bulbo.

Carbajas Galarza y Bermudez Palomino (2017) su objetivo fue optimización al proceso de construcción, tuvo metodología descriptiva aplicada, su resultado fue que, mediante la metodología basada en los encofrados, logro reducir los tiempos de trabajos y reduciendo los costos por cuadrilla. Su conclusión fue que se debe reemplazar en la cuadrilla a un operario por un oficial obteniendo el mismo resultado.

Gonzales Guillen y Huilahuaña Mamani (2019) tuvo como objetivo el diseño y proceso constructivo de un muro pantalla para una edificación de 7 niveles, su metodología fue cuantitativa descriptiva, el resultado fue diferentes longitudes de anclaje por nivel, su conclusión fue que se harían 52 paños por nivel y se obtuvo longitud de 22.00 m, 19.00 m y 16.00 m.

Maleki y Park (2022) su objetivo fue analizar los métodos comunes utilizados para la estabilización de excavaciones profundas adyacentes a estructuras sensibles en áreas urbanas. Su metodología fue descriptiva, su resultado fue que un aspecto clave del análisis de estabilidad de excavaciones profundas es la cantidad de deformaciones que ocurren en la pared de paramento y las estructuras adyacentes. su resultado fue que La combinación de todos los factores determina el comportamiento general del sistema de soporte. Su conclusión fue que el algoritmo GA-PSO utiliza una gran base de datos obtenida de las simulaciones numéricas y demuestra alta precisión y una marcada coherencia con los resultados del algoritmo.

Mesías Basurto (2018) su objetivo fue modelar un talud mediante dos softwares, su metodología fue cuantitativa del tipo aplicada, su resultado fue la estabilidad del talud con el uso del software Geo5 y Soft, su conclusión fue que entre los métodos que se usan para el cálculo de estabilidad, el método bishop es el de mayor precisión, además los softwares tienen sus limitaciones, aunque no existe mucha variación antes programas enfocados en la estabilidad.

Malo David (2018) su objetivo fue establecer la metodología de procesos y los diferentes tipos de sistemas de apoyo para lograr encontrar el tiempo de realización del proyecto, su metodología fue descriptiva aplicada, su resultado fue que planificando a detalle las excavaciones se reducen los tiempos, su conclusión fue que es importante el uso de concreto premezclado para la eficiencia del trabajo y se debe dar un reconocimiento de toda el área a intervenir por temas de seguridad con las edificaciones que colindan con el predio, teniendo un amplio conocimiento de todo el proceso involucrado la planificación y su desarrollo disminuyó los tiempos de ejecución.

Los estudios previos en mención muestran la gran importancia de la estabilidad como parte del proceso del diseño, ya que en el proceso constructivo los muros anclados tienen grandes excavaciones y el riesgo de daños que implica un derrumbe es grande.

González de Vallejo (2002) señala que la estabilidad es parte del estudio para verificar si un talud tiene seguridad o presenta una inestabilidad ante el peligro de derrumbe ver Figura 1, por causa del desnivel producido por las excavaciones profundas así mismo se aplica al diseño de taludes o cuando estos presentan problemas de inestabilidad. Se debe elegir un coeficiente de seguridad adecuado, dependiendo de la finalidad de la excavación y del carácter temporal o definitivo del talud.

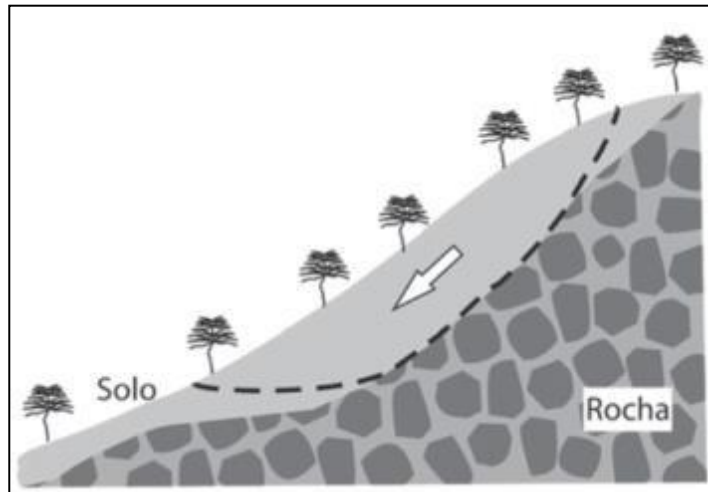


Figura 1. muestra de un talud natural y la necesidad de evaluarlos

Fuente: Gonzáles de Vallejo (2002)

Empuje de tierra se presentan ante el empuje del terreno, si es en comprensión o expansión estamos hablando de empuje de tierras pasivo o activo. Este escenario ocurrirá cuando un movimiento significativo hacia afuera del muro aumente la presión lateral de la tierra en el suelo en la base del muro ver Figura 2 .

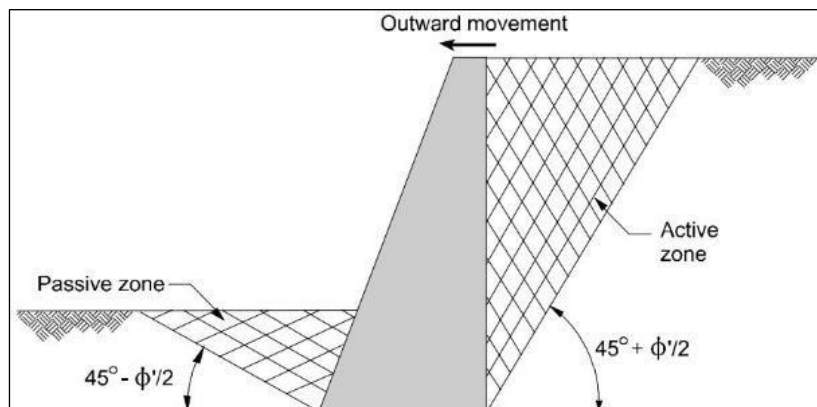


Figura 2. Tipos de Empuje Movilización de presiones

Fuente: FHWA (1999)

Como parte del proceso del diseño es necesario conocer algunas metodologías usadas para el cálculo de los distintos empujes que se presentan en un muro anclado.

La teoría de Coulomb sirve para calcular el empuje activo del suelo, considera su teoría en determinar el empuje dentro del muro en el cual se tiene un plano de deslizamiento ver Figura 3, presentando una cuña de falla y se ajusta mucho a la realidad, por lo que el error introducido es muy pequeño ver Figura 4.

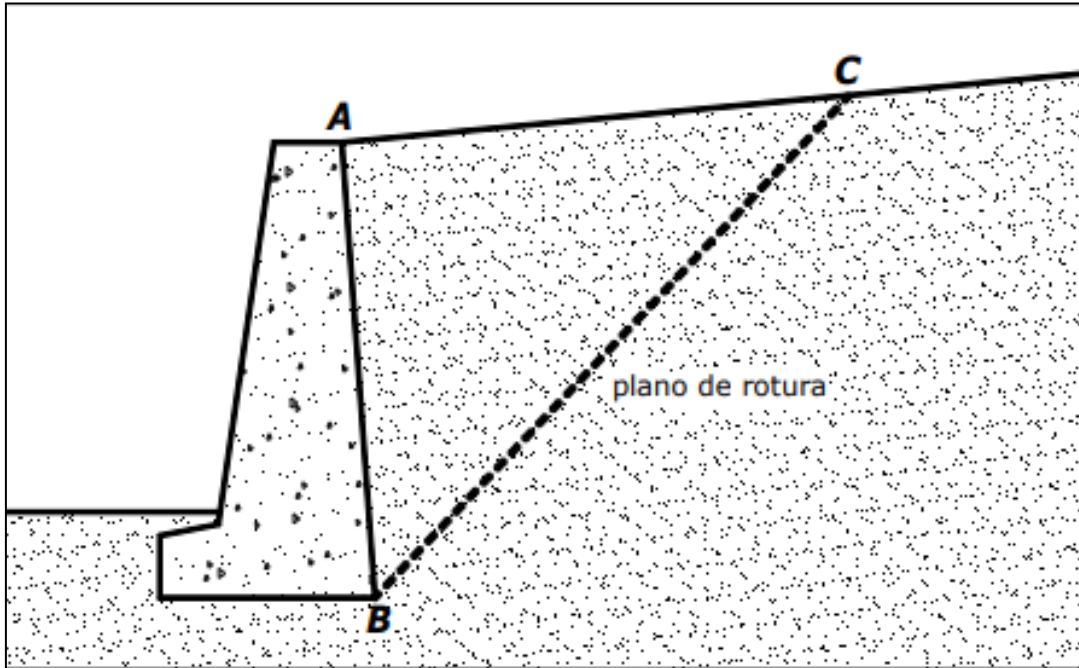


Figura 3. Teoría de Coulomb Forma inclinada de la superficie de derrumbe

Fuente: Gonzáles de Vallejo (2002)

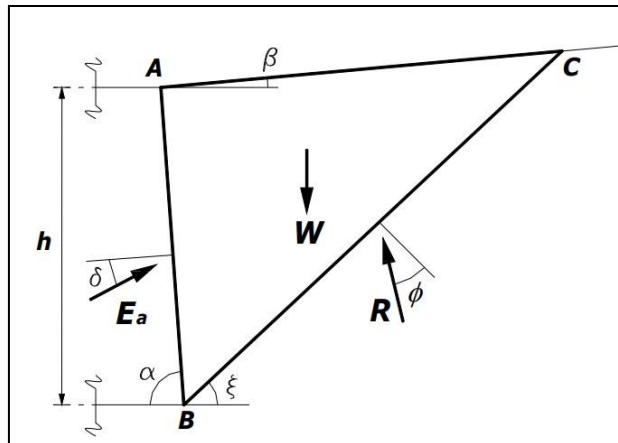


Figura 4. Teoría de Coulomb Cuña de rotura y las acciones que ocurren en ella

Fuente: Gonzáles de Vallejo (2002)

(Federal Highway Administración, 1999) Teoría de Rankine la diferencia fundamental entre esta teoría y la de Coulomb, consiste en que Rankine considera que la superficie de la pared interna del muro es lisa y por lo tanto no existe rozamiento entre el muro y el terreno, por lo que el empuje de tierras es ortogonal a la superficie interna del muro. Cuando esta superficie es vertical ver Figura 5, lo que sucede habitualmente, el empuje de tierras es horizontal no existiendo por lo tanto componente vertical del empuje.



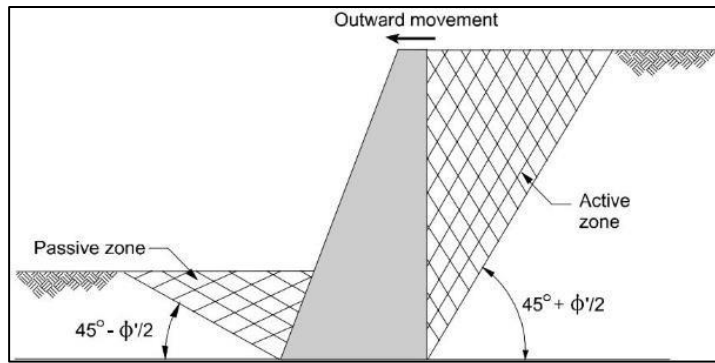


Figura 5. Movilización de presiones Activas y Pasivas Rankini

Fuente: FHWA (1999)

Estos tipos de empujes se presentan en grandes excavaciones en el que se construyen diferentes tipos de estructuras de contención para mejorar la estabilidad del suelo.

AB Engineering Manual (2018) dice que un muro de gravedad es de hormigón en el cual por el propio peso esta gana resistencia, Si la distancia es mayor la probabilidad se ve reducida en que el muro se colapse. Por ejemplo, una paredde cuatro pies de altura y dos pies de espesor tendrá una menor resistencia al volcamiento que una pared de dos pies de altura y cuatro pies de espesor, incluso si los pesos son iguales ver Figura 6.

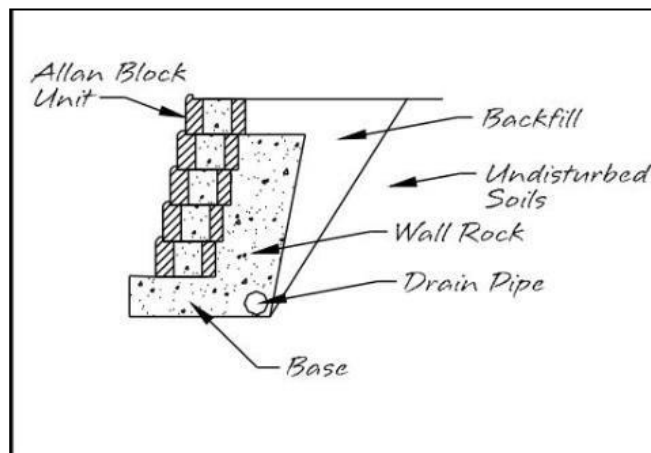
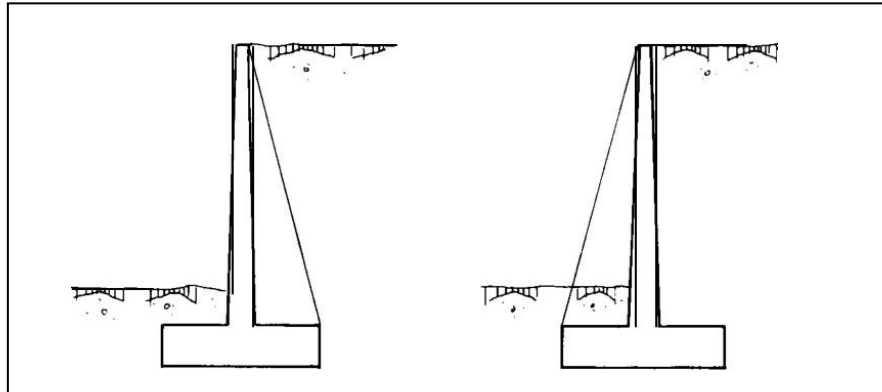


Figura 6. Muro de Gravedad se aprecia una sección típica

Fuente: AB Engineering Manual (2018)

(Calavera, 1987) Los muros contrafuertes son una solución avanzada a diferencia del muro de gravedad mencionado anteriormente, su altura es mucho mayor ver Figura 7 por ende el hormigón tiene mayor espesor, así mismo esto genera que el proceso de encofrado sea más costoso.



*Figura 7.* Dos tipos de solución en muros contrafuertes

Fuente: AB Engineering Manual (2018)

A&C (2022) Los muros anclados consisten en muros en voladizo sin gravedad con niveles de anclajes al suelo ver Figura 8. Estos emplean elementos verticales (p. ej., vigas soldadas) o continuos (p. ej., tablestacas) que se hincan o perforan a profundidades por debajo del nivel de excavación terminado. Para muros en voladizo sin gravedad, el soporte se proporciona a través de la rigidez a cortante y flexión de los elementos de muro verticales. Se ejecutan mediante dos tipos de anclaje tales como permanente y temporal según se requiera en el proyecto.



*Figura 8.* se visualiza los muros anclados por anillos

Fuente: A&C (2022)

Estas estructuras de contención se ejecutan, para evitar los diferentes tipos de falla que se pueden presentar en los anclajes.

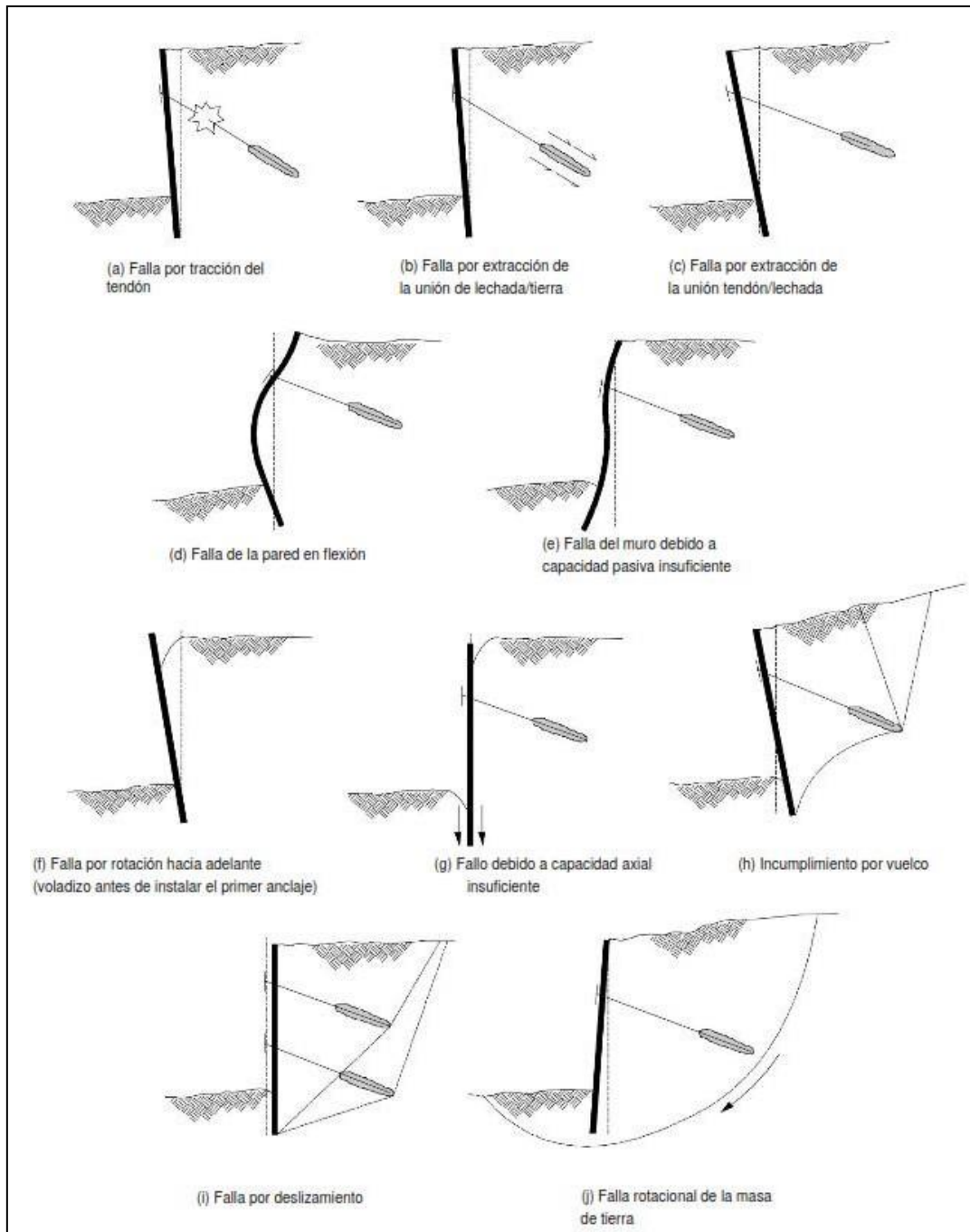


Figura 9. se aprecian las diferentes fallas tipos de falla que se pueden presentar en los muros anclados

Fuente: FHWA (1999)

Para evitar los tipos de fallas de anclaje existen diferentes normativas internacionales que nos describen el proceso de diseño de anclajes, cargas, tensiones y longitudes entre otras.

Normativa (PTI, 2014) "Post-Tensioning Institute" trata del diseño de anclajes en este análisis considera el factor de seguridad del sistema a emplearse, los espaciamientos que tendrían los anclajes, longitud mínima en la tensión libre y tener la capacidad que la estructura anclada debe soportar ante el anclaje aplicadode cargas, acción de grupo, perfil de suelo y de la roca, geometría de la estructura o el sitio, y las consecuencia de falla del ancla, antes de diseñar los anclajes se tiene que determinar la factibilidad del mismo así como los requisitos para evitar la corrosión en los anclajes, respecto a los factores de seguridad de los tendones de diseño verificando los límites que no se deben superar en la carga de diseño.

PTI evaluación del sitio es necesario que se realicen estudios previos geológicos del lugar para determinar el suelo ver Figura 10 y la influencia que tendrá en la instalación y su comportamiento ante el anclaje.

Compacidad relativa, $C_r$ (%)	Descripción
0-20	Muy suelto
20-40	Suelto
40-60	Medio
60-80	Denso
80-100	Muy denso

Figura 10. Se muestra un estudio geológico del suelo

Fuente: Braja M (2001)

PTI cargas de diseño es la capacidad máxima prevista que un anclaje resistirá en el trayecto de su vida útil y durante el diseño del anclaje ver Figura 11, se tiene que identificar, evaluar los posibles mecanismos de fallo, por cada tipo de fallo se debe elegir un factor de seguridad, esto se refiere a la relación de la capacidad última de retención a la carga de diseño.

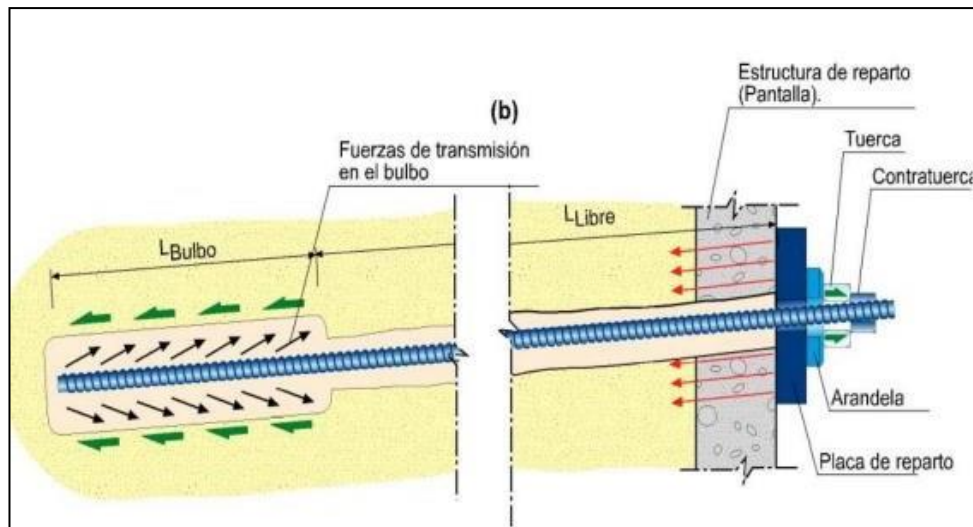


Figura 11. Se aprecia las transmisiones de cargas en el anclaje

Fuente: PTI (2014)

PTI longitudes de unión sirven para transferir la carga de diseño del acero pretensado al suelo durante la vida útil del ancla, en el diseño de longitud se consideran las propiedades del suelo y serán verificados en campo.

Ecuación 1: Ecuación de Longitud de Unión.

$$L_b = \frac{P \cdot FS}{\pi \cdot d \cdot \tau_v}$$

Dónde:

$L_b$  = Longitud de unión

$P$  = Carga de diseño del anclaje

$d$  = diametro de taladro

$\tau_v$  = Fuerza de union ultima

$FS$  = Factor de seguridad

PTI Espaciamiento de anclajes es de centro a centro entre sus longitudesde unión a fin de evitar la interacción de trasferencia de carga entre el anclaje y la intersección fisca originado por las desviaciones en la perforación.

PTI diámetro de Orificio tiene como función asegurar la lechada adecuadapara las trasferencias de carga ver Figura 12.

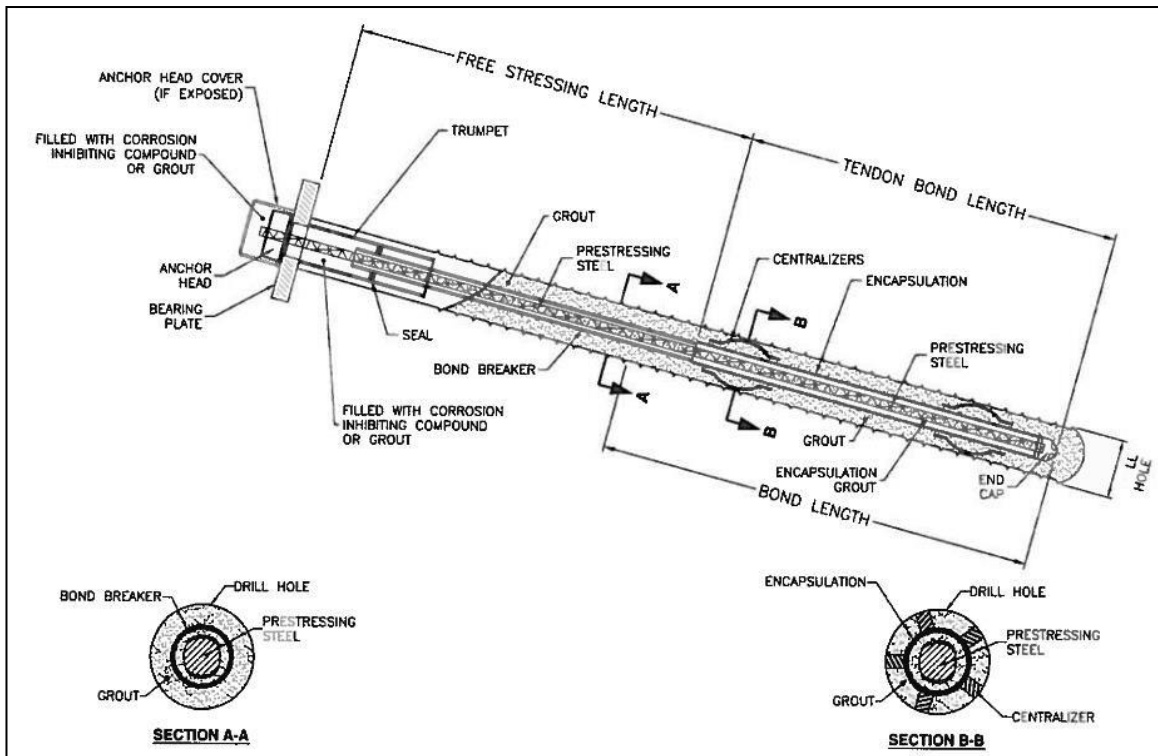


Figura 12. Se aprecia el diámetro inicial de un anclaje en un corte de sección

Fuente: FHWA (1999)

Normativa (Federal Highway Administration, 1999) trata de los procedimientos de análisis en el diseño de anclajes, los sistemas de estabilización, las estructuras de amarre en el cual se muestra relación entre el tipo de suelo, la selección de anclajes, además de evaluar las presiones de la tierra y su incidencia en el diseño tipos de revestimiento y consideraciones relacionadas a los muros anclados si son temporales o permanentes.

FHWA en el diseño de anclaje al suelo son usados como soporte de paredes de excavación ya sean temporales o permanentes, calculan las cargas de anclaje a partir de diagramas con respecto a las presiones estimando a partir de las envolventes aparentes del suelo entre sus métodos más comunes ver Figura 13 son el método de área tributaria y de la bisagra.

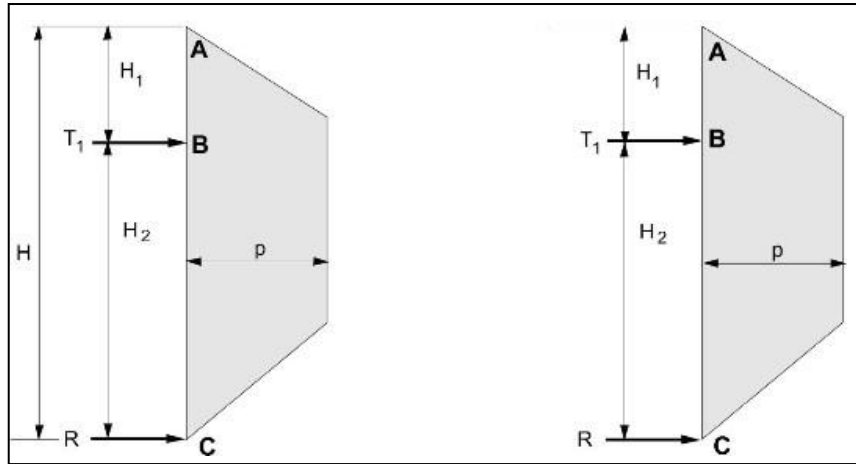


Figura 13. en la izquierda vemos el método de área tributaria y en la derecha método de la bisagra

Fuente: FHWA (1999)

FHWA Diseño de longitud de unión del anclaje son estimaciones de capacidad de transferencia en las cargas en la longitud que generalmente se basan en experiencias de campo de otros proyectos con similitud, resumiendo características de anclajes muy típicas que proporción valores de diseño de anclajes ver Figura 14. Siendo el primer paso la estimulación de una longitud máxima.

Tipo de suelo	Densidad relativa/Consistencia (rango SPT)(1)	Carga de transferencia última estimada (kN/m)
Arena y grava	Suelto (4-10)	145
	Denso medio (11-30)	220
	Denso (31-50)	290
Arena	Suelto (4-10)	100
	Denso medio (11-30)	145
	Denso (31-50)	190
arena y limo	Suelto (4-10)	70
	Denso medio (11-30)	100
	Denso (31-50)	130
Mezcla limo-arcilla de baja plasticidad o mezclas finas de arena micácea o limo	rígido (10-20)	30
	Duro (21-40)	60

Figura 14. Valores por tipo de suelo

Fuente: FHWA (1999)

FHWA Cálculos de Equilibrio límite se basa en cálculos informáticos sobre la estabilidad de taludes usándose para examinar la estabilidad que presentan los muros anclados, taludes y sistemas de estabilización de deslizamiento ver Figura 15, los métodos empleados usados en la práctica distribuyen las fuerzas de anclaje en secciones.

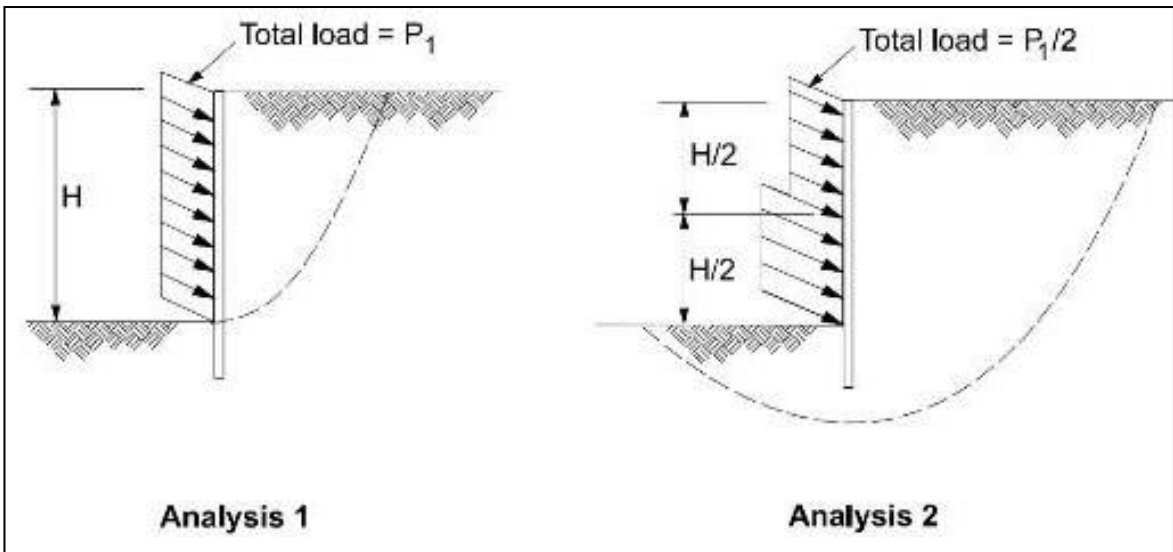


Figura 15. Análisis usados en equilibrio límite para evaluar las cargas laterales

Fuente: FHWA (1999)



### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### Tipo de investigación

La investigación aplicada genera conocimientos de una forma directa hacia la problemática de nuestra sociedad (Revista de divulgación científica de la universidad indoamérica, 2014).

Esta investigación pertenece al tipo aplicada, ya que usa el conocimiento adquirido en el proceso de estudio, así mismo se hace el uso de las normativas FHWA y PTI usando como parámetros iniciales del proyecto con el fin de realizar el diseño de muro anclado, además de buscar resolver la problemática.

##### Enfoque de investigación

“En una investigación cuantitativa se busca explicar y predecir los fenómenos investigados, buscando regularidades y relaciones causales entre elementos” (Hernández, 2006, p. 18).

El enfoque que se tiene en la investigación es cuantitativo, ya que se basa en datos numéricos cuantificables en que se basa el diseño, así se comprobó cada una de las hipótesis.

##### Diseño de investigación

“podemos distinguir los cuasi experimentos de los experimentos verdaderos por la ausencia de asignación aleatoria de las unidades de tratamiento” (Campbell, 1988, p. 191).

Ya que se manipularán las variables, esta investigación es cuasi experimental, pues tiene semejanza con la investigación experimental, debido a que se manipulan las variables independientes, para así conocer la incidencia en la variable dependiente.

Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo, ya que proporciona un sentido amplio acerca de la influencia de las normativas en los resultados de los diseños.

### **3.2. Variables, Operacionalización**

Variable independiente: FHWA y PTI

Definición conceptual:

FHWA Normativa (Federal Highway Administration, 1999) trata de los procedimientos de análisis en el diseño de anclajes, los sistemas de estabilización, las estructuras de amarre en el cual se muestra relación entre el tipo de suelo, la selección de anclajes, además de evaluar las presiones de la tierra y su incidencia en el diseño tipos de revestimiento y consideraciones relacionadas a los muros anclados si son temporales o permanentes.

Definición conceptual:

Normativa (PTI, 2014) Post-Tensioning Institute trata del diseño de anclajes en este análisis considera el factor de seguridad del sistema a emplearse, los espaciamientos que tendrían los anclajes, longitud mínima en la tensión libre y tener la capacidad que la estructura anclada debe soportar ante el anclaje aplicado de cargas, acción de grupo, perfil de suelo y de la roca, geometría de la estructura o el sitio, y las consecuencias de falla del ancla, antes de diseñar los anclajes se tiene que determinar la factibilidad del mismo así como los requisitos para evitar la corrosión en los anclajes, respecto a los factores de seguridad de los tendones de diseño verificando los límites que no se deben superar en la carga de diseño.

Definición operacional:

Estas variables FHWA Y PTI se usarán para el diseño del muro anclando, realizando 1 diseño, para cada normativa, de acuerdo a los valores indicados en sus recomendaciones.

Dimensiones:

- ✓ Análisis de estabilidad
- ✓ Distribución de esfuerzos
- ✓ Características estructurales
- ✓ Inclinação de fuerzas de anclaje y cargas de diseño
- Indicadores:
- ✓ Factores de seguridad
- ✓ Separaciones entre anclajes
- ✓ Longitudes máximas
- ✓ Valores de ángulo de inclinación
- ✓ Límites de Carga
- Escala de medición:
- ✓ De Razón

Variable dependiente: Diseño de muro anclado

Definición conceptual:

(A&C, 2022) los muros anclados consisten en muros en voladizo sin gravedad con niveles de anclajes al suelo ver Figura 8. Estos emplean elementos verticales (p. ej., vigas soldadas) o continuos (p. ej., tablestacas) que se hincan o perforan a profundidades por debajo del nivel de excavación terminado. Para muros en voladizo sin gravedad, el soporte se proporciona a través de la rigidez a cortante y flexión de los elementos de muro verticales. Se ejecutan mediante dos tipos de anclaje tales como permanente y temporal según se requiera en el proyecto.

Definición operacional:

Esta variable se usará para determinar las dimensiones de nuestro diseño que serán comparadas para determinar las diferencias existentes.

Dimensión:

- ✓ Estudio de mecánica de suelos
- ✓ Diseño de anclajes

Informe del estudio de mecánica de suelos Longitud de bulbo

Longitud libre Escala de medición:

- ✓ De razón
- ✓ Nominal

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

Se puede estudiar el número de individuos o factores en los que se puede representar una determinada característica (Fayad Camel, 1979).

Población

edificación de 07 pisos y 02 niveles de sótano ubicados en el distrito de Pueblo Libre 2022.

Muestra

Como muestra se tendrá una edificación de 07 pisos y 02 niveles de sótano ubicados en Jr. América 236-240 Urb. San Bernardo distrito Pueblo Libre - 2022 en el que se realiza estudios geotécnicos para obtener los resultados iniciales y posteriormente realizar nuestro diseño.

Muestreo

Es no probabilístico ya que no se basa en la probabilidad.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

El estudio se basará en el diseño de un muro anclado para un sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre – 2022, en el cual se tendrá de técnicas: La observación ya que es necesario conocer las características del lugar, así como también se empleará un estudio técnico de estudio de suelos, se hará análisis de datos y con elaboración de gráficas que se elaboraran para comparar las variaciones en el diseño.

También se elaborará una hoja de Match Cad ya que es una excelente herramienta para cálculos de ingeniería siendo un software muy usado en estudios de diseño, para obtener los resultados numéricos del anclaje, así mismo se realizará un modelado de muro anclado mediante el uso del software geo 5 usado para obtener datos de la estabilidad, además de realizar las verificaciones correspondientes al diseño. Además del uso de las normativas FHWA y PTI de diseño de anclajes.

### **3.5. Procedimiento**

Para el análisis y diseño del muro anclado se debe obtener datos insitu del lugar mediante un estudio de suelo que será realizado, para así obtener un informe técnico de suelo considerando la NTP E.050, con los datos obtenidos tendremos los parámetros iniciales, para diseñar el muro anclado en el Software MatchCad 8 que servirá para los cálculos de ingeniería y verificaciones correspondientes que se basa en cálculos de anclaje, tensión, empuje y dimensiones. Teniendo en cuenta todos estos datos se procede al modelado en el software Geo5 donde obtendremos resultados de la estabilidad, desplazamiento, deformaciones, así mismo en todo el proceso se realizará un diseño con cada normativa de nuestras variables independientes, así obtendremos la solución a nuestras hipótesis y por medio de los resultados también se conocerán las incidencias que sufre el diseño con el uso de cada normativa.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para el análisis se tendrá análisis cuantitativo mediante el uso de escala de medición de razón y nominal de acuerdo a los indicadores presentes en cada dimensión de las variables.

### **3.7. Aspectos éticos**

Los reglamentos internacionales que se emplearon fueron citados correspondientemente, los parámetros iniciales fueron proporcionados por la empresa Tupia Ingenieros en su informe técnico del suelo del lugar elegido para la muestra, así mismo se tiene la carta de aceptación para el uso de estainformación. En el diseño del muro anclado se usaron las recomendaciones de la normativa FHWA (Federal Highway Administración), así como el PTI "Post tensioning Institute", el diseño y modelado del muro anclado se ubica en el lugar de la muestra seleccionada.

## IV. RESULTADOS

### **Estudio de mecánica de suelos para iniciarel diseño de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA yPTI**

El presente estudio es necesario, para iniciar el diseño de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI. Para tal fin, se realizaron las evaluaciones y ensayos requeridos en este estudio. Se tiene como objetivo fundamental:

- ✓ Proporcionar un conocimiento del terreno objeto del proyecto, identificando la distribución de unidades geotécnicas y sus propiedades más relevantes para el sostenimiento de los sótanos.
- ✓ Sostener y evaluar las posibles problemáticas geotécnicas de la zona, que puedan incidir sobre la futura construcción de los sótanos
- ✓ Definir estabilizar excavaciones profundas en el terreno.

El estudio consiste en un estudio de suelos con fines de cimentación como estudio básico para la construcción de un edificio de 7 pisos y 2 sótanos ubicada en el distrito de Pueblo Libre, provincia de Lima, departamento Lima.

El área de estudio está ubicada en el distrito de Pueblo Libre, provincia de Lima, departamento de Lima. Abarca un área entre 255 m<sup>2</sup> y está a una altura promedio de 84 msnm. El área de estudio pertenece geológicamente al cuadrángulo de Lima (25-i), según la Carta Geológica Nacional del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET). Para acceder a la zona en estudio desde el Centro de Lima se toma la Avenida Alfonso Ugarte tomando luego la av. Pomabamba con dirección hacia la Av. Tingo Maria, luego se toma la av. America para posteriormente llegar hasta la zona de estudio, recorriendo un total de 5.6 km en camioneta y con un tiempo estimado de 16 min.

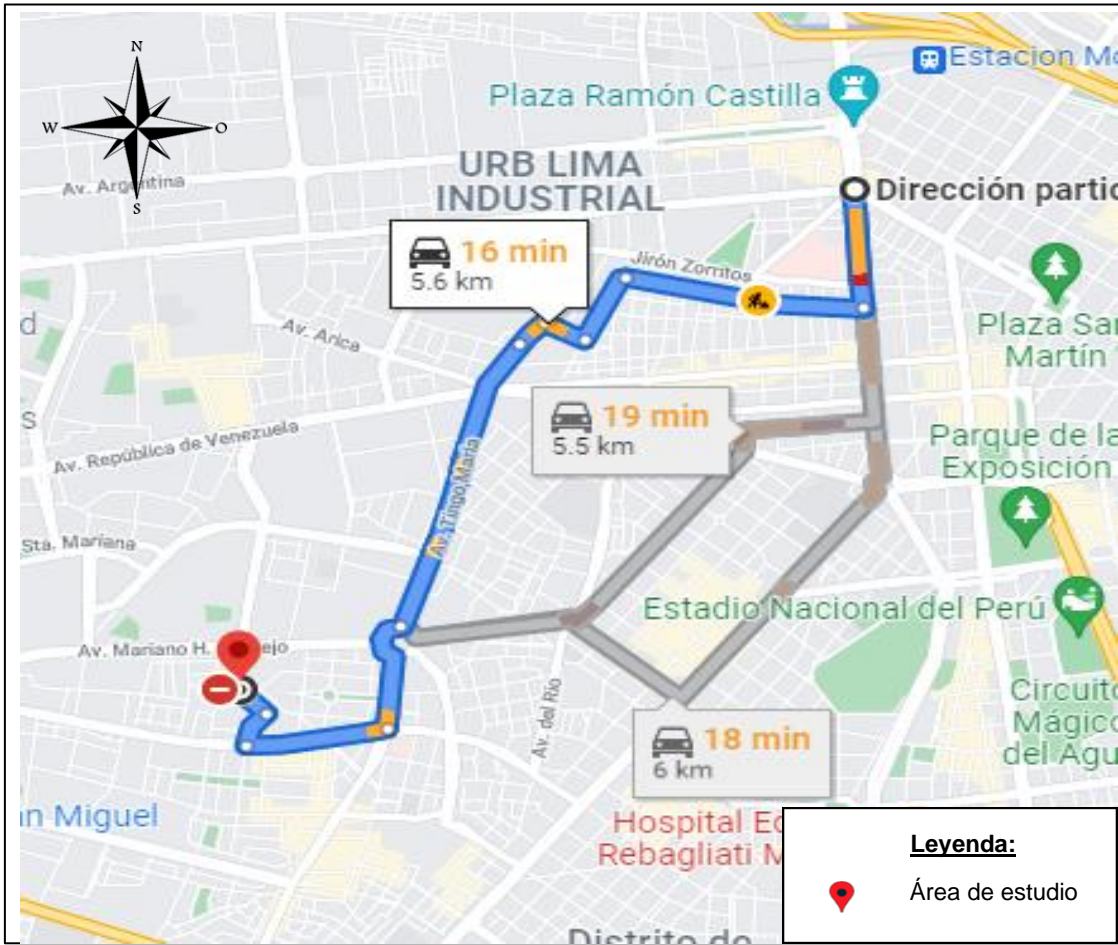


Figura 16. Accesibilidad de zona de estudio

Fuente: Propia

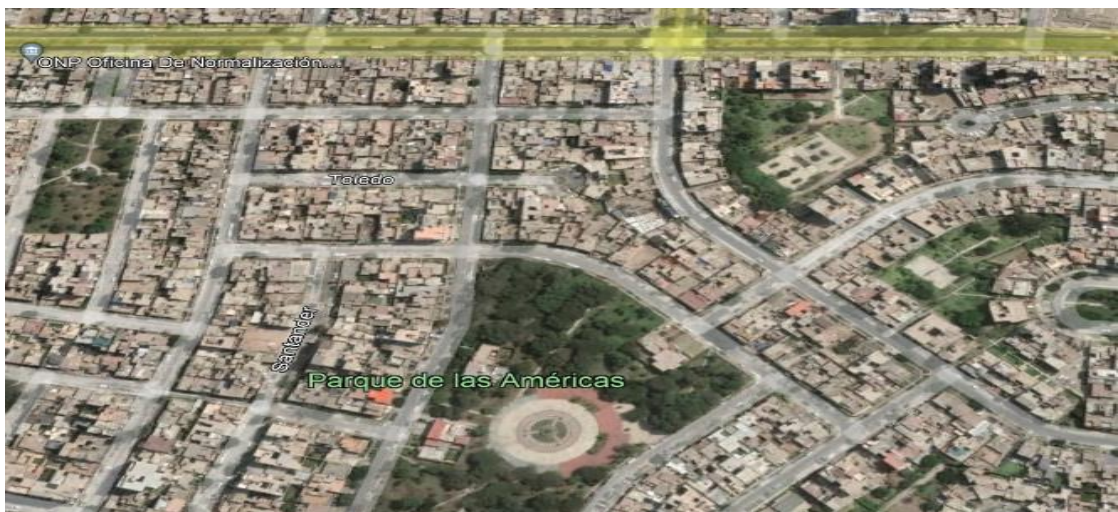


Figura 17. Mapa de Localización

Fuente: Propia



## ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras representativas extraídas, fueron sometidas a diversos ensayos en el Laboratorio Geotécnico los cuales se detallan. Los ensayos estándar y especiales fueron realizados con la finalidad de identificar y clasificar las muestras de suelo, siguiendo los criterios del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y ensayos químicos para analizar la agresividad del suelo.

A continuación, se indican la cantidad de ensayos realizados y las normas de la American Society for Testing and Material (ASTM) consideradas para su desarrollo:

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422
- Límites de Consistencia (Líquido y plástico) ASTM D-4318
- Clasificación SUCS ASTM D-2487
- Contenido de Humedad ASTM D-2216
- Ensayo corte directo ASTM D-3080
- Análisis de Cloruros AASHTO T-291, ASTM D-512
- Análisis de Sulfatos AASHTO T-290, ASTM D-516
- Análisis de Sales Solubles Totales ASTM D-1889, MTC E 219



*Figura 18. Calicata C-01*

Fuente: Elaboración Propia

La Calicata C-01 tiene Prof. De 4.0 m, se encontró un estrato de 0.00 – 1.10 m suelo de relleno conformado por arena mal gradada y de 1.10 m a más es un suelo conformado por grava bien graduada (GW) con presencia de canto rodado



*Figura 19. Calicata C-02*

Fuente: Propia

C-02 con Prof. De 7.00 m, se encontró un estrato de 0.00 – 1.20 m suelo de relleno conformado por arena limosa y de 1.20 m a más es un suelo conformado por grava bien graduada (GW) con presencia de canto rodado.



*Figura 20. Calicata C-03*

Fuente: Elaboración Propia

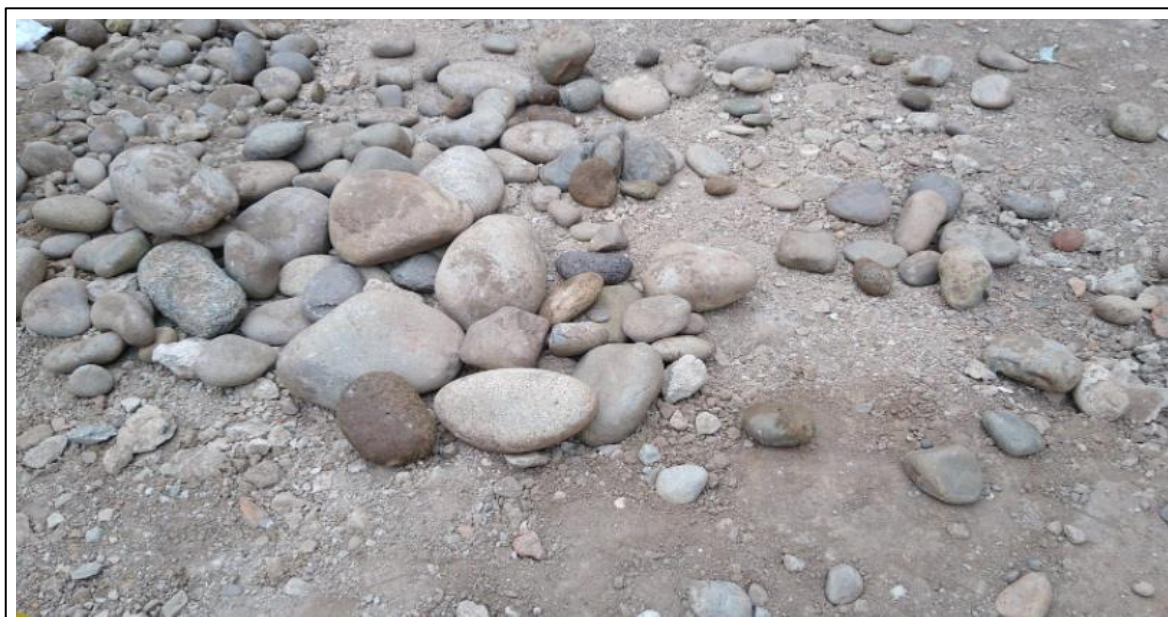
C-03 con Prof. De 4.00 m, se encontró un estrato de 0.00 – 1.00 m suelo de relleno conformado por arena mal gradada y de 1.00 m a más es un suelo conformado por grava bien graduada (GW) con presencia de canto rodado



*Figura 21. Ensayo de cono de arena*

Fuente: Elaboración Propia

CONO-01, con Prof. De 2.00 m en la calicata C-01, se realiza para obtener la densidad del suelo encontrado.



*Figura 22. foto panorámica del área*

Fuente: Elaboración Propia

En la foto mostrada se aprecia el suelo y dimensiones de grava encontradas en el sub suelo de la calicata, determinando su  $T_{mn}=10$  pulg.



*Figura 23. Ensayo de MASW-01 para determinar las velocidades de ondas S*  
Fuente: Elaboración Propia



*Figura 24. Ensayo de Refracción sísmica LRF-01 y MASW*  
Fuente: Elaboración Propia

Para poder dar inicio al diseño de muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022 es necesario tener los siguientes datos del estudio de mecánica de suelos:

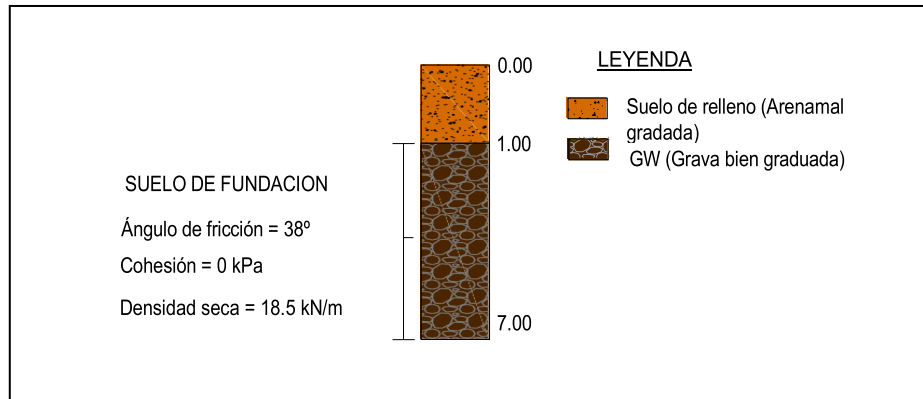


Figura 25. Perfil Estratigráfico de la Zona de Estudio

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1: Resultado ensayo Corte Directo

Calicata	Muestra	Profundidad	Clasificación Sucs	C (kPa)	$\phi$
C-02	M-1	4.00m - 7.00m	GW	0	38

Fuente: Elaboración Propia

C: Cohesión del Suelo

Profundidad: 7.00 m

$\phi$ : Ángulo de Fricción

Tabla 2: Propiedades de Resistencia y deformabilidad

Material	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	C' (kPa)	$\phi'$	$\mu$	E (kPa)
GW	18.5	0	38	0.21	35525.60

Fuente: Elaboración Propia

$\gamma_s$  : Peso unitario seco

C' : Intercepto de cohesión

$\phi'$  : Ángulo de fricción

u: Relación de Poisson

E: Módulo de Elasticidad

**Diseño de muros anclados para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo libre – 2022.**

Determinar las longitudes de bulbo del diseño de muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022:

Se muestran los resultados obtenidos del diseño del muro anclado, así mismo todo el procedimiento de diseño se encuentra en los Anexos.

**Tabla 3:** *Longitudes de Bulbo en las 3 filas de anclajes del diseño con FHWA*

FHWA	LONGITUD DE BULBO 1 FILA	LONGITUD DE BULBO 2 FILA	LONGITUD DE BULBO 3 FILA
DISEÑO	5.4 m	5.4 m	5.40 m

**Tabla 4:** *Longitudes de Bulbo en las 3 filas de anclajes del diseño con PTI*

PTI 2014	LONGITUD DE BULBO 1 FILA	LONGITUD DE BULBO 2 FILA	LONGITUD DE BULBO 3 FILA
DISEÑO	4.57 m	4.57 m	4.57 m

Determinar las longitudes Libres del diseño de muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022:

Se muestran los resultados obtenidos del diseño del muro anclado, así mismo todo el procedimiento de diseño se encuentra en los Anexos.

**Tabla 5:** *Longitudes Libres de las 3 Filas de Anclaje del diseño con FHWA*

FHWA	LONGITUD LIBRE 1 FILA	LONGITUD LIBRE 2 FILA	LONGITUD LIBRE 3 FILA
DISEÑO	6.0 m	6.0 m	6.0 m

**Tabla 6:** *Longitudes Libres de las 3 Filas de Anclaje del diseño con PTI*

PTI 2014	LONGITUD LIBRE 1 FILA	LONGITUD LIBRE 2 FILA	LONGITUD LIBRE 3 FILA
DISEÑO	5.91 m	5.91 m	5.91 m

**Tabla 7:** *Longitudes Totales de las 3 Filas de Anclaje del Diseño con FHWA*

FHWA	LONGITUD TOTAL 1 FILA	LONGITUD TOTAL 2 FILA	LONGITUD TOTAL 3 FILA
DISEÑO	11.40 m	11.40 m	11.40 m

**Tabla 8:** *Longitudes Totales de las 3 Filas de Anclaje del Diseño con PTI*

PTI 2014	LONGITUD TOTAL 1 FILA	LONGITUD TOTAL 2 FILA	LONGITUD TOTAL 3 FILA
DISEÑO	10.48 m	10.48 m	10.48 m

## V. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados encontrados, se comprobó la hipótesis general donde se estableció que existen diferencias en los resultados del diseño de un muro anclado, para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022.

Así mismo de los estudios previos que fueron recolectados como antecedentes para el presente estudio Quispe Hilario y Landeo Escobar (2019) menciona que de acuerdo al RNE 2019 con respecto al capítulo 4 en su artículo 24 que como mínimo FS es de 1.5 para los taludes, además que la seguridad en anclajes deber ser  $\geq 2$  cabe resaltar que ese estudio se realizó usando FHWA ya que se aprecia las consideraciones, criterios y recomendaciones que se indican en la normativa FHWA.

Donde obtuvo un FS de 2.52 para su talud, así mismo en nuestro diseño de muro anclado aplicando FHWA luego de las comprobaciones correspondientes y análisis que fueron obtenidos el FS es de 2.24 para las 2 primeras filas de anclajes teniendo con respecto a Quispe Hilario y Landeo Escobar (2019) resultados cercanos, además que para la última fila un FS de 3.19, cumpliendo la seguridad establecida necesaria para nuestro diseño del muro anclado aplicando FHWA para un sótano con dos niveles.

Con respecto al diseño del muro anclado aplicando el PTI se obtuvo como diferencias en el resultado final del FS con respecto al FHWA, tal es así que para las primeras filas de los anclajes se obtuvo un FS de 2, además también que para la última fila un FS de 3.11, cumpliendo la seguridad establecida necesaria para el diseño del muro anclado aplicando PTI, así se comprobó la hipótesis general, cabe indicar que en los estudios previos encontrados solo se aplicó en las investigaciones el FHWA.

Por otro lado, siguiendo la parte de los resultados encontrados, se comprobó la primera hipótesis específica de que el estudio de mecánica de suelos es necesario para iniciar el diseño de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022, ya que:

- El peso unitario seco



- El Angulo de fricción
- Conocer si el suelo es cohesivo o no cohesivo
- El Spt la cantidad de golpes/m
- Propiedades de los materiales
- Tipo de Suelo

Fueron datos iniciales de entrada, así pues, esos datos se obtuvieron luego de haber realizado los EMS el cual consistió:

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422
- Límites de Consistencia (Líquido y plástico) ASTM D-4318
- Clasificación SUCS ASTM D-2487
- Contenido de Humedad ASTM D-2216
- Ensayo corte directo ASTM D-3080

De acuerdo a los resultados encontrados en esta investigación, se comprobó la segunda hipótesis específica la cual fue que existe diferencia entre las longitudes de bulbo de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022, ya que aplicando FHWA se obtuvieron las siguientes longitudes, como longitudes de bulbo se tuvo la medida de 5.40 m siendo esta para las tres líneas de anclajes. Con respecto a las longitudes de bulbo que se presentaron en el diseño donde se aplicó el PTI se tuvieron las medidas de longitud de bulbo de 4.57 m teniendo así la comprobación de la segunda hipótesis.

Rivera Japa y Vasques Hermosilla (2020) menciono que la Norma E.050 que la distancia con respecto a la longitud libre no será inferior a 4.5m, con respecto a esta investigación aplicando FHWA de acuerdo a los resultados obtenidos se tuvo de longitud libre la medidas de 6 m siendo esta para las tres líneas de anclajes, Con respecto a las longitudes libres que se presentaron en el diseño donde se aplicó el PTI se tuvieron las medidas de longitud libre de 5.91 m teniendo así que la tercera hipótesis es válida.

Por lo cual esta investigación presento relevancia respecto a los estudios previos que fueron recolectados, ya que, si bien cada estudio variaba de acuerdo a su tipo de suelo, cantidad de pisos y el número de los niveles de sótano,

presentaban sus consideraciones, recomendaciones y criterios del FHWA. teniendo así cierta similitud, claro está que cambiaban en cierta medida de acuerdo al objetivo que tuvieron cada investigación.

Así mismo con los resultados que se obtuvieron en la investigación de diseño de muro anclado para sótano con dos niveles en Pueblo Libre 2022, se puede apreciar de manera cuantitativa la incidencia que presenta al aplicar el FHWA o el PTI.

## VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó, que mediante el uso del FHWA en el diseño de los muros anclados se obtuvieron valores diferentes que mediante el uso del PTI los cuales se vieron reflejados en diferentes aspectos del diseño como en los diagramas de presiones, fuerzas horizontales, tensiones de diseño y las diferentes longitudes.
2. Se determinó, que los estudios de mecánica de suelos son necesarios ya que de los resultados se obtienen datos iniciales que son usados en la parte del diseño de muros anclados, tales como peso unitario seco, tipo de suelo, ángulo de fricción,  $s_{pt}$  y las propiedades de los materiales.
3. Se determinó, que la longitud de bulbo fueron diferentes ya que se tiene variación si es que el diseño se aplicaba el FHWA o el PTI, todo esto sucede ya que cada normativa presenta diferentes consideraciones, recomendaciones y criterios los cuales en el proceso de diseño tienen incidencia significativa dando así diferentes resultados en el diseño de los muros anclados.
4. Se determinó, que la longitud libre fueron diferentes ya que se tiene variación si es que el diseño se aplicaba el FHWA o si el diseño se aplicaba el PTI, todo esto sucede ya que cada normativa presenta diferentes consideraciones, recomendaciones y criterios los cuales en el proceso de diseño tienen incidencia significativa dando así diferentes resultados en el diseño de los muros anclados.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los estudios de mecánica de suelos sean realizados por una empresa especializada y con tiempo en el rubro, ya que de los resultados de los EMS se obtendrán datos iniciales los cuales son los parámetros con los que se diseñar el muro anclado, el cual su objetivo principal es la estabilidad, por lo cual la precisión de los datos es muy importante.
- Se recomienda el uso del PTI para el diseño de muros anclados, ya que tiene una incidencia significativa en los resultados del diseño, disminuyendo las longitudes libres, así como también las longitudes de bulbo, todo está tendrá incidencia en la parte económica teniendo una pequeña disminución en los costos.
- Se recomienda el uso del software MathCad Prime 8, por su practicidad en el procesamiento de datos para ingeniería, además que puede ser usado para la presentación de las memorias de cálculo, teniendo como principal ventaja la fácil revisión de todo el proceso, así como una mejor comprensión de los mismos.

## REFERENCIAS

Andina Agencia Peruana de Noticias. (2022, January 26). *Venta de viviendas se incrementó 27% durante el año pasado*. <https://andina.pe/agencia/noticia-venta-viviendas-se-incremento-27-durante-ano-pasado-878589.aspx>

Enciso Saldaña, R. M., & Nuñez Alvaro, R. W. (2019). *Verificación de anclajes postensados mediante la aplicación del ensayo de capacidad en el edificio hotel ibis San Isidro-Lima- Perú-2019*. Universidad Ricardo Palma.

Federal Highway Administración. (1999). *GEOTECHNICAL ENGINEERING CIRCULAR NO. 4 Ground Anchors and Anchored Systems*  
4. <http://www.ce.memphis.edu/7137/PDFs/Seismic%20Manual/FHWA/No.%204.pdf>

Gonzales Guillen, M. A., & Huilahuaña Mamani, M. (2019). Análisis, diseño y proceso constructivo del muro pantalla en edificio de 7 niveles y 3 sótanos. In *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa ; Repositorio Institucional - UNSA*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.  
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.9A8EAA80 &lang=es&site=eds-live>

Izarra Mendoza, R. karol. (2019). *Muros anclados en suelo arenoso para la construcción del centro comercial de la molina*. Universidad Nacional Federico Villareal.

Maleki, J., Pak, A., Yousefi, M., & Aghakhani, N. (2022). A comprehensive FE study for design of anchored wall systems for deep excavations. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 122, 104340.  
<https://doi.org/10.1016/J.TUST.2021.104340>

Malo David, D. F. (2018). *Metodología de construcción de muros anclados en sótano de parqueos del proyecto inmobiliario ágora xxi, ciudad viva* [universidad de Guayaquil].  
<http://repositorio.uq.edu.ec/bitstream/reduq/29213/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n%20Dennis%20Malo%20David%20-%20ENERO%202018.pdf>

Mesías Basurto, D. E. (2018). *ESTABILIZACIÓN DE TALUDES APLICANDO EL PROGRAMA GEOTÉCNICO GEO& SOFT Y APLICACIÓN PRÁCTICA EN TALUD DE LA VÍA PIFO* [Pontifica Universidad Católica del Ecuador].  
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15439/TESIS%20ESTABILIZACI%203%93N%20DE%20TALUDES%20GEO%26SOFT%20DIEGO%20MES%208dAS.pdf?s>

[equence=1&isAllowed=y](#)

PTI. (2014). *Recommendations for Prestressed Rock and Soil Anchors* (Quinta Edición). Post-Tensioning Institute.  
[https://global.ihs.com/doc\\_detail.cfm?document\\_name=PTI%20DC35%2E1&items\\_key=00511128](https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?document_name=PTI%20DC35%2E1&items_key=00511128)

Quispe Hilario, J., & Landeo Escobar, L. (2019). "Inyección de anclaje al muro de concreto para la conservación del talud de la av. 28 de abril del barrio de san cristobal, huancavelica." In *Universidad Nacional de Huancavelica ; Repositorio Institucional - UNH*. Universidad Nacional de Huancavelica.  
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.9A980E1&lang=es&site=eds-live>

Postensados para la ejecución de muros anclados en una edificación mediante el programa Slide. In *Universidad Privada del Norte ; Repositorio Institucional - UPN*. Universidad Privada del Norte.  
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.E7B775FD &lang=es&site=eds-live>

A&C. (27 de Mayo de 2022). *Anclajes & Cimentaciones del Peru SAC*. Obtenido de <http://www.anclajesycimentaciones.com/>

AB Engineering Manual. (2018). *Allan Block Retaining Walls*. Australia. Obtenido de <https://www.allanblock.com/literature/PDF/EngManual.pdf>

Carbajal Galarza, G., & Bermudez Palomino, D. (2017). *FIRST RUN STUDY Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN LA*. Pontificia Universidad Católica del Peru, Facultad de ciencias e ingeniería, Lima.  
Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9387>

Gerscovich, D. M. (2012). *Estabilidad de Taludes*. Sao Paulo, Brazil: Rua

Cubatao, 978. González de Vallejo, L. I. (2002). *Ingeniería Geológica*.

Madrid, España: Isabel Capella.

Universidad Politécnica de Cataluña . (2013). *Ingeniería Geotécnica*. Cataluña. Obtenido de [https://portal.camins.upc.edu/materials\\_guia/250240/2013/tema\\_7\\_muros.pdf](https://portal.camins.upc.edu/materials_guia/250240/2013/tema_7_muros.pdf)

Uriel&Asociados. (2022). *Urielyasociados*. Obtenido de <http://www.urielyasociados.es/img/formacion/ANCLAJES%20Y%20BULONES%20PPT.p df>

Vukotić, G., Soriano, A., & González, J. (2012). Bulbo de Anclajes La longitud de bulbo de anclajes:pérdida progresiva de adherencia y factor de eficiencia. *UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID*, 1–23. [https://www.keller.com.es/sites/keller-es/files/2020-04/77-53es\\_9\\_la-longitud-de-bulbo-de-anclajes-perdida-progresiva-de-adherencia\\_20120629-rev-3.pdf](https://www.keller.com.es/sites/keller-es/files/2020-04/77-53es_9_la-longitud-de-bulbo-de-anclajes-perdida-progresiva-de-adherencia_20120629-rev-3.pdf)

Torres\_Tacuri, H., Gómez\_Minaya, R., & Paredes\_Gutierrez, S. (2020). Programming of the construction of the third ring of anchored walls of a building applying the Balancing Lines method. In *INVESTIGACION & DESARROLLO* (Vol. 20, pp. 173–192). Universidad Privada Boliviana. <https://doi.org/10.23881/idupbo.020.1-13i>

Rupay Quispe, C. E. (2018c). Aplicación del método de estabilización de excavaciones profundas para mejorar la eficiencia en edificaciones del distrito de San Isidro – Lima, 2018. In *Repositorio Institucional - UCV; Universidad César Vallejo. Universidad César Vallejo*. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.2A292728&lang=es &site=eds-live>

Rosero Freire, c. e. (2015). *análisis y diseño de muros anclados de hormigón armado y su aplicación en la estabilización de excavaciones profundas de subsuelos ingeniero civil* [universidad técnica de ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/11736/1/Tesis%20879%20-%20Rosero%20Freire%20Carlos%20Ernesto.pdf>

Rivera Japa, K. P., & Vasquez Herмосilla, R. A. (2020). Optimización del diseño de anclajes postensados para la ejecución de muros anclados en una edificación mediante el programa Slide. In *Universidad Privada del Norte ; Repositorio Institucional - UPN. Universidad Privada del Norte*. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.E7B775FD&lang=es&site=eds-live>

Portilla Yupanqui, V. A. (2019). Diseño estructural de un edificio de concreto armado en Surco. In *Repositorio de Tesis - PUCP ; Pontificia Universidad Católica del Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú*.

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.AAD0778E&lang=es&site=eds-live>

Gonzales Guillen, M. A., & Huilahuña Mamani, M. (2019). Análisis, diseño y proceso constructivo del muro pantalla en edificio de 7 niveles y 3 sótanos. In *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa ; Repositorio Institucional - UNSA*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.9A8EAA80&lang=es&site=eds-live>

Flores Jaramillo, M. E. (2019). Proceso constructivo de muros anclados en edificio de oficinas con 3 sótanos del distrito de Santiago de Surco - Lima. In *Repositorio Académico USMP ; Universidad San Martín de Porres - USMP*. Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.B8EEBF82&lang=es&site=eds-live>

Estudio numérico de muros anclados en la grava de Lima. (2020). In *Repositorio Institucional - Ulima*. Universidad de Lima, Carrera de Ingeniería Civil PE 2020. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsoai&AN=edsoai.on1228662688&lang=es&site=eds-live>

Cunza Gómez, F. G. (2018b). Análisis de los procesos constructivos para la optimización de costos en muros anclados en el proyecto de edificación las Camelias, San Isidro, 2018. In *Universidad César Vallejo ; Repositorio Institucional*. Universidad César Vallejo. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.11336AED&lang=es&site=eds-live>

Briceño Huamaní, R. (2017). Excavación masiva para muros anclados en sótanos para la disminución de asentamientos en obras de edificaciones de Lima, 2017. In *Universidad César Vallejo ; Repositorio Institucional* - UCV. Universidad César Vallejo. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.65EE6E05&lang=es&site=eds-live>

Cabellos Gavidia, g. a. (2012). *pontificia universidad católica del Perú Facultad de ciencias e ingeniería* [pontificia universidad católica del Perú]. [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/4937/CABELLOS\\_GUSTAVO\\_ANALISIS\\_ESTABILIZACION\\_TALUDES\\_MUROS\\_ANCLADOS\\_CALZADURAS\\_CONSTRUCCION\\_EDIFICACIONES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/4937/CABELLOS_GUSTAVO_ANALISIS_ESTABILIZACION_TALUDES_MUROS_ANCLADOS_CALZADURAS_CONSTRUCCION_EDIFICACIONES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

A comprehensive numerical analysis of EQ-induced lateral earth pressure on structures basement walls. (Octubre de 2022). 163(107521). Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?origin=citedby&eid=2-s2.0->



[85138016914&noHighlight=false&sort=plf-f&cite=2-s2.0-85068432694&src=s&imp=t&sid=88de25ae9d5200065ba2f93ea8b29c2b&sot=cite&sdt=a&sl=0&relpos=0](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85138016914&noHighlight=false&sort=plf-f&cite=2-s2.0-85068432694&src=s&imp=t&sid=88de25ae9d5200065ba2f93ea8b29c2b&sot=cite&sdt=a&sl=0&relpos=0)

Advance in Science, Technology and Innovation. (25 de Noviembre de 2019). 2nd Springer Conference of the Arabian Journal of Geosciences, CAJG-2 2019. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85128905828&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=2nd+Springer+Conference+of+the+Arabian+Journal+of+Geosciences%2cCAJG-2+2019&sid=0a5fdfe6b4ac88b3d06c631d27b58f7b&sot=b&sdt=b&sl=89&s=TITLE-ABS-KEY%282>

Bustamante, V., & Cedrón, J. P. (2020). *Estudio numérico de muros anclados en la grava de Lima*. Universidad De Lima. Lima: Universidad de Lima, Carrera de Ingeniería Civil. Obtenido de <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/11983>

Dynamic stability of anchored retaining walls. (Septiembre de 2021). 14(18). Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85113153893&origin=resultslist&sort=plf-f&cite=2-s2.0-85068432694&src=s&imp=t&sid=88de25ae9d5200065ba2f93ea8b29c2b&sot=cite&sdt=a&sl=0&relpos=1&citeCnt=0&searchTerm=>

Effect of potential swell pressures on anchored sheet pile walls. (30 de Septiembre de 2022). 16(10). Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85122748767&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=design+anchored+walls&sid=b2fae6fc10c682d25a496b1f4286d6e9&sot=b&sdt=b&sl=36&s=TITLE-ABS-KEY%28design+anchored+walls%29&relpos=18&citeCnt=0&searchTerm>

Indian Geotechnical Journal. (02 de 2022). 52(1), 277. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85106763785&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=design+anchored+walls&sid=b2fae6fc10c682d25a496b1f4286d6e9&sot=b&sdt=b&sl=36&s=TITLE-ABS-KEY%28design+anchored+walls%29&relpos=9&citeCnt=1&searchTerm=>

Proposed improvements to analytical models of anchored retaining walls. (2019). Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?origin=recordpage&zone=relatedDocuments&eid=2-s2.0-85068432694&citeCnt=0&noHighlight=false&sort=plf-f&src=s&st1=design+anchored+walls&sid=b2fae6fc10c682d25a496b1f4286d6e9&sot=b&sdt=b&sl=36&s=TITLE-ABS-KEY%28design>

Seismic Earth Pressure: Pitfalls and Recommendations. (23 de Marzo de 2022).  
2022(332). Obtenido de

<https://www.scopus.com/record/display.uri?origin=recordpage&zone=relatedDocuments&eid=2-s2.0-85127050631&noHighlight=false&sort=plf-f&cite=2-s2.0-85068432694&src=s&imp=t&sid=88de25ae9d5200065ba2f93ea8b29c2b&sot=cite&sdt=a&sl=0&relpos=0>

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de consistencia

**Título: Diseño de muros anclados para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo libre – 2022**

**Autor: Santander Vargas, Jesus Johnnathan**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:				
¿Cómo diseñar un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022?	Diseñar un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022	Existen diferencias en los resultados del diseño de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022	<b>Variable Independiente (X1)</b> FHWA  <b>Variables Independiente (X2)</b> PTI	Análisis de estabilidad	Factores de seguridad	Normativa FHWA Normativa PTI
				Distribución de esfuerzos	Longitudes máximas	
				Características estructurales	Límites de carga	
				Inclinación de fuerzas de anclaje y cargas de diseño	Valores de ángulo de inclinación  Separación entre anclajes	
<b>Problemas Específicos:</b>	<b>Objetivos Específicos:</b>	<b>Hipótesis específicas:</b>				
¿Cuál será el resultado del estudio de mecánica de suelos para iniciar el diseño de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022?	Realizar el estudio de mecánica de suelos para iniciar el diseño de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022	El estudio de mecánica de suelos es necesario para iniciar el diseño de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022	<b>Variable Dependiente (Y)</b> Diseño de muros anclados	Estudios de mecánica de suelos	Informe del estudio de mecánica de suelos	NTP E-050
¿Cuáles son las longitudes de bulbo de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022?	Determinar las longitudes de bulbo de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022	Existe diferencia entre las longitudes de bulbo de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022		Diseño de Anclajes	Longitud de bulbo	Software Geo5
¿Cuáles son las longitudes libres de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022?	Determinar las longitudes libres de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022	Existe diferencia entre las longitudes libres de un muro anclado para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo Libre 2022				Longitud libre
					Software Geo5	
					MathCad 8	

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo 2: Matriz de Operacionalización de las variables

Título: Diseño de muros anclados para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo libre – 2022

Autor: Santander Vargas, Jesus Johnnathan

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Variable Independiente (X1)</b> FHWA  <b>Variabes Independiente (X2)</b> PTI	FHWA Normativa (Federal Highway Administración, 1999) trata de los procedimientos de análisis en el diseño de anclajes, los sistemas de estabilización, las estructuras de amarre en el cual se muestra relación entre el tipo de suelo, la selección de anclajes, además de evaluar las presiones de la tierra y su incidencia en el diseño tipos de revestimiento y consideraciones relacionas a los muros anclados si son temporales o permanentes.	Estas variables FHWA Y PTI se usarán para el diseño del muro anclando, realizando 1 diseño, para cada normativa, de acuerdo a los valores indicados en sus recomendaciones.	Análisis de estabilidad	Factores de seguridad	Razón
			Distribución de esfuerzos	Longitudes máximas	Razón
			Características estructurales	Límites de carga	Razón
	Inclinación de fuerzas de anclaje y cargas de diseño		Valores de ángulo de inclinación	Razón	
			Separación de anclajes	Razón	
<b>Variable Dependiente (Y)</b> Diseño de muros anclados	Los muros anclados consisten en muros en voladizo sin gravedad con niveles de anclajes al suelo ver Figura 8. Estos emplean elementos verticales (p. ej., vigas soldadas) o continuos (p. ej., tablestacas) que se hincan o perforan a profundidades por debajo del nivel de excavación terminado. Para muros en voladizo sin gravedad, el soporte se proporciona a través de la rigidez a cortante y flexión de los elementos de muro verticales. Se ejecutan mediante dos tipos de anclaje tales como permanente y temporal según se requiera en el proyecto (A&C, 2022).	Esta variable se usará para determinar las dimensiones de nuestro diseño que serán comparadas para determinar las diferencias existentes.	Estudios de mecánica de suelos	Informe del estudio de mecánica de suelos	Razón Nominal
			Diseño de anclajes	Longitud de bulbo	Razón
			Diseño de anclajes	Longitud libre	

Fuente: Elaboración Propia

## CONSENTIMIENTO INFORMADO DE USO DE INFORMACIÓN

Estimado:

**Msc. Ismael Tupia Mendizábal** Con el debido respeto me presento a usted, mi nombre es **Jesus Johnathan Santander Vargas**, estudiante de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo – Lima, Norte. En la actualidad me encuentro realizando una investigación sobre “Diseño de muros anclados para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo libre – 2022”; y para ello quisiera contar **con su permiso y usar el informe técnico de estudios de suelos de la vivienda multifamiliar Jr. América 236-240 de la Urb. San Bernardo – Pueblo Libre**, así mismo esta información brindada por su empresa Tupia Ingeniero SAC será usado en el proceso de diseño muros anclados mediante dos normativas internacionales. De aceptar su consentimiento para usar la información se le haría entrega de los diseños de los muros anclados, así como el MatchCad del diseño y el modelado del Geo5 al terminar la investigación y que podrá usar en sus proyectos futuros.

**Atte. Jesus Johnathan Santander Vargas.** ESTUDIANTE DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO.

Yo **Msc. Ismael Tupia Mendizábal** con número de DNI: **08163193** acepto dar mi **consentimiento para usar la información del informe técnico de estudios de suelos de la vivienda multifamiliar Jr América 236 – 240 de la Urb. San Bernardo – Pueblo Libre**, para ser usada en la investigación de “Diseño de muros anclados para sótano con dos niveles aplicando FHWA y PTI, Pueblo libre – 2022” del estudiante **Jesus Johnathan Santander Vargas** de la Universidad Cesar Vallejo – Lima, Norte.

Día: 09/ 05 /2022



**TUPIA INGENIEROS S.A.C.**  
ING. ISMAEL TUPIA MENDIZABAL  
General Manager  
Engineering División

Msc. Ismael Tupia Mendizabal  
Dni: 08163193



Jesus Johnathan Santander Vargas  
Dni: 44026863



**TUPIA INGENIEROS SAC**

MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA -  
TOPOGRAFÍA

# ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE

## INFORME GEOTÉCNICO - GEOLÓGICO ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN


REVISIÓN No. 1

Revisión	Descripción	Modificado por	Nº de páginas	Fecha
0	Emisión inicial	TISAC	101	2021-11-18
1	Atención a comentarios	TISAC	101	2021-11-27

### Elaboración – Revisión – Aprobación


Revisión	Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
	Nombre	Firma	Nombre	Firma	Nombre	Firma
0	TISAC					

Los derechos de autor de este documento son de TUPIA INGENIEROS SAC., quien queda exonerada de toda responsabilidad si este documento es alterado o modificado. No se autoriza su empleo o reproducción total o parcial con fines diferentes al contratado.

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			


## ÍNDICE

1.	GENERALIDADES.....	6
1.1	INTRODUCCIÓN .....	6
1.2	OBJETIVO .....	6
1.3	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	6
1.4	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	6
2.	GEOLOGÍA .....	9
2.1	EVALUACION GEOLOGICA .....	9
2.2	CONTEXTO GEOLOGICO .....	9
2.3	CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	9
2.4	GEOMORFOLOGIA.....	10
2.4.1	GEOMORFOLOGIA REGIONAL .....	10
2.4.2	GEOMORFOLOGIA LOCAL .....	12
2.5	GEOLOGÍA REGIONAL.....	14
2.5.1	Formacion Puente Inga (Ki-pi) .....	14
2.5.2	Superunidad Patap (Ks-pt-gbdi).....	14
2.5.3	Formación Ventanilla .....	14
2.5.4	Formación Herradura.....	14
2.6	GEOLOGÍA LOCAL .....	17
2.6.1	Depositos aluviales (Qh-al) .....	17
2.6.2	Depositos Eólicos (Qpl-e) .....	17
2.7	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	17
3.	EXPLORACIONES .....	19
3.1	EXPLORACIÓN DIRECTA .....	19
3.1.1	Calicatas .....	20
3.1.2	Ensayo de densidad por el método del cono de arena .....	21
3.2	ENSAYOS ESPECIALES .....	22
3.2.1	ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D-3080 .....	22
3.2.2	Presencia de Nivel Freático .....	23
3.3	EXPLORACIÓN INDIRECTA.....	23
4.	PERFIL DEL SUELO (PARAMETROS SISMICOS).....	31
4.1	PARÁMETROS DE SITIO (S, T <sub>P</sub> , T <sub>L</sub> ).....	33
4.1.1	Condiciones geotécnicas – tipos de suelo .....	35
4.1.2	Categoría de las edificaciones (Factor U).....	36
5.	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	39
5.1	ENSAYOS ESTÁNDAR .....	39
5.1.1	Ensayo de clasificación de suelos (ASTM D-422, ASTM D-438) .....	39
5.1.2	Ensayos químicos.....	39

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			


6.	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA .....	42
6.1	PERFILES ESTRATIGRÁFICOS DEL SUELO .....	42
6.2	ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.....	43
6.3	PARÁMETROS ELÁSTICOS.....	43
7.	PARAMETROS DE RESISTENCIA .....	47
7.1.1	Resumen propiedades geomecánicas .....	47
8.	ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN.....	48
8.1	DISEÑO DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN .....	48
8.2	DETERMINACIÓN DEL CANTO CRITERIO DE RIGIDEZ .....	49
8.3	CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE .....	49
8.4	CIMENTACIONES SUPERFICIALES .....	50
8.5	ESTIMACIÓN DE ASENTAMIENTOS .....	52
9.	CAPACIDADES PORTANTES DEL SUELO .....	53
9.1	ÁBACOS DE RESULTADOS.....	53
10.	ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE.....	55
10.1	EXCAVACIONES EN EL TERRENO .....	55
10.2	PROPUESTA DE ESTABILIDAD EN ZONAS DE CORTE .....	56
11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	58
11.1	CONCLUSIONES .....	58
11.1.1	GEOLOGÍA .....	58
11.1.2	GEOTECNIA.....	58
11.2	RECOMENDACIONES .....	63
12.	REFERENCIAS.....	65



	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			


## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Exploraciones y ensayos en el área de estudio .....	19
Tabla 3.2. Resumen de datos de los trabajos realizados en campo .....	19
Tabla 3.3. Resumen de datos de las calicatas .....	20
Tabla 3.4. ensayo de densidad con el método de cono de arena .....	21
Tabla 3.5. Resultados ensayo Corte Directo .....	23
Tabla 3.6. Niveles Freáticos .....	23
Tabla 3.7. Resultados de velocidades de las líneas sísmicas $V_p$ .....	29
Tabla 3.8. Resultados de velocidades de las líneas sísmicas $V_s$ .....	29
Tabla 3.9. Clasificación de los Perfiles del suelo Norma E030 .....	30
Tabla 4.1. Factores sísmicos del suelo .....	36
Tabla 4.2. Factores para diseño sismorresistente para suelo intermedio (S2). 36	
Tabla 4.3. Factor de Uso .....	37
Tabla 4.4. Factores para Diseño Sismo Resistente tipo de suelo S2 .....	38
Tabla 5.1. Resultados de los ensayos de clasificación de suelos .....	39
Tabla 5.2. Valores permisibles de ataque químico a la cimentación .....	40
Tabla 5.3. Valores permisibles de Agresividad Química .....	41
Tabla 5.4. Resumen de ensayo químicos .....	41
Tabla 6.1. Perfil estratigráfico típico del terreno .....	42
Tabla 6.2. Cálculo de Parámetros Elásticos (LRF-01 con MASW-01) .....	45
Tabla 6.3. Clasificación de Sitio (IBC, 2015 – ASCE/SEI 7, 2010) .....	45
Tabla 6.4. Resultado de Velocidades de Ondas de corte .....	46
Tabla 7.1. Propiedades físicas .....	47
Tabla 7.2. Propiedades de resistencia y deformabilidad .....	47
Tabla 8.1. Espesor de losa .....	49
Tabla 9.1. Resultado capacidad admisible .....	53
Tabla 9.2. Resultado de cálculo de asentamiento .....	54
Tabla 10.1. Coeficientes de empuje calculado .....	57
Tabla 10.2. Valores referenciales para taludes en corte (relación H: V) .....	57

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Accesibilidad a la zona de estudio.....	7
Figura 1.2. Mapa de localización de la zona en estudio .....	8
Figura. 2.1. Fisiografía del área en estudio.....	10
Figura 2.2. Mapa Geomorfológico Regional .....	12
Figura. 2.3. Geoformas cercanas a la zona de estudio .....	13
Figura 2.4. formación o depósitos de la geología Regional y Local.....	15
Figura 2.5. Mapa Geológico Regional .....	16
Figura 2.6. Mapa geológico estructural.....	18
Figura 3.1. Excavación área de estudio, Distrito de Pueblo Libre.....	21
Figura 3.2. Ensayo de cono de arena, en el área de estudio .....	22
Figura 3.3. Disposición de los geófonos y shot (puntos de disparo).....	25
Figura 3.4. Obtención de velocidades y estratos .....	25
Figura 3.5. Obtención de Dromocrónicas y Perfil .....	26
Figura 3.6. Proceso de análisis de la técnica MASW .....	27
Figura 3.7. Variación de la velocidad de Onda de corte (Onda S).....	27
Figura 4.1. Mapa Iso-aceleraciones para un 10% de excedencia en 50 años	31
Figura 4.2. Mapa Iso-aceleraciones para un 10% excedencia en 100 años....	32
Figura 4.3. Zonificación sísmica del Per .....	34
Figura 6.1. Perfil estratigráfico promedio .....	43
Figura 10.1. Esquema de la generación de la presión activa .....	55
Figura 10.2. Esquema de la generación de la presión pasiva .....	56

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realiza a petición del propietario del inmueble Hernán Enrique Liza, como parte del proyecto Vivienda Multifamiliar proyecto del Fondo Mi Viviendas, solicitó realizar estudios de mecánica de suelos y geotecnia, encargándose este estudio la empresa consultora especialista en geotecnia Tupia Ingenieros S.A.C.(TISAC). Para tal fin, los especialistas de nuestra empresa realizaron las evaluaciones y ensayos requeridos en este estudio durante el mes de noviembre del año 2021.

Con toda la información recopilada, se realizó la caracterización del suelo donde se ubica el proyecto. Las investigaciones complementarias brindaron información que ha permitido estimar los parámetros geotécnicos de los materiales existentes que condicionan las estimaciones de los valores de capacidad admisible y asentamientos.

### 1.2 OBJETIVO

Realizar el estudio de mecánica de suelos con fines de caracterización geotécnica para fines de selección del sistema de cimentación a emplear para las estructuras que conforman la edificación; así mismo, dar recomendaciones específicas.

Este estudio se ha realizado mediante unas investigaciones geotécnicas que involucra trabajos de campo y ensayos de laboratorio, necesarios para definir la estratigrafía, las propiedades de resistencia y deformación del terreno necesarios para la cimentación de la estructura propuesta.

Tiene como objetivos fundamentales:


- Proporcionar un conocimiento del terreno objeto del proyecto, identificando la distribución de unidades geotécnicas y sus propiedades más relevantes.
- Conocer y evaluar las posibles problemáticas geotécnicas de la zona, que puedan incidir sobre la futura construcción.
- Definir y analizar el tipo de cimentación más recomendable para el tipo de construcción prevista de acuerdo a los datos disponibles del proyecto y a las condiciones geotécnicas del terreno.

### 1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El estudio consiste en un estudio de suelos con fines de cimentación como estudio básico para la construcción de un edificio de 9 pisos y 2 sótanos ubicada en el distrito de Pueblo Libre, provincia de Lima, departamento Lima.

### 1.4 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está ubicada en el distrito de Pueblo Libre, provincia de Lima, departamento de Lima. Abarca un área entre 317.75 m<sup>2</sup> y está a una altura promedio de 84 msnm.

 <b>TISAC</b> MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE          CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR          JR. AMERICA 236-240 URB. SAN          BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			


El área de estudio pertenece geológicamente al cuadrángulo de Lima (25-i), según la Carta Geológica Nacional del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

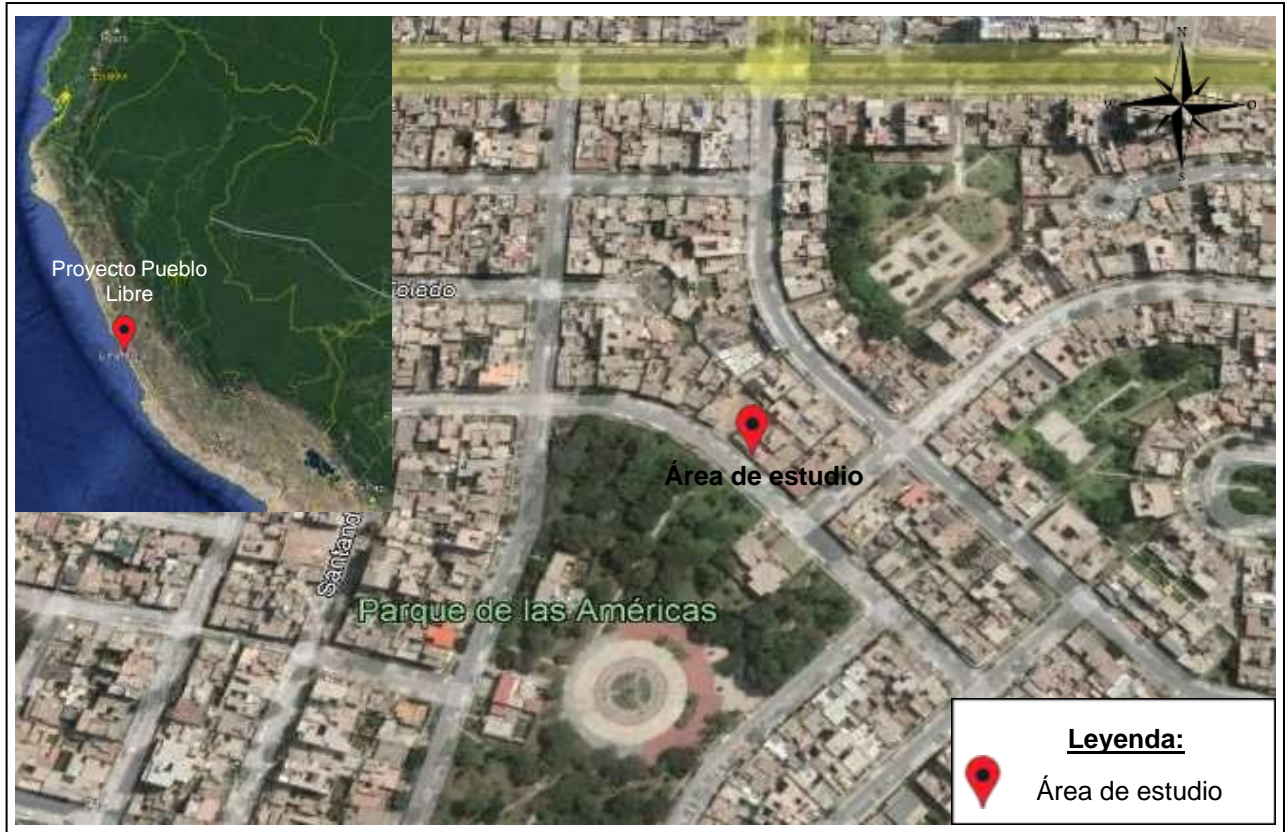
Para acceder a la zona en estudio desde el Centro de Lima se toma la Avenida Alfonso Ugarte tomando luego la av. Pomabamba con dirección hacia la Av. Tingo Maria, luego se toma la av. America para posteriormente llegar hasta la zona de estudio, recorriendo un total de 5.6 km en camioneta y con un tiempo estimado de 16 min.



Figura 1.1 Accesibilidad a la zona de estudio


Fuente: Google maps 2021

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			



**Figura 1.2. Mapa de localización de la zona en estudio**

Fuente: Google Earth Pro 2021

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

## 2. GEOLOGÍA

### 2.1 EVALUACION GEOLÓGICA

Se presentan los resultados de la evaluación geológico–geodinámica y geotécnica de la zona de estudio para la construcción de edificio de 7 pisos y 2 sótanos- distrito de Pueblo Libre – Provincia de Lima- Departamento de Lima. Este estudio comprendió un mapeo geológico-geodinámico general del área de emplazamiento del proyecto vivienda, a fin de caracterizar las unidades litoestratigráficas y evaluar los movimientos en masa que representen potenciales peligros geológicos para el área de intervención.

El mapeo geomecánico consistió en la ejecución de un registro geológico, distribuidas estratégicamente en la zona del proyecto.

### 2.2 CONTEXTO GEOLÓGICO

El área de estudio está dentro del cuadrángulo Lima (25-i) perteneciente al departamento de Lima.


El desarrollo morfológico alcanzado ha sido generado a través de diversos eventos tectónicos los que han dado lugar a los rasgos geomorfológicos actuales, los mismos que han sido clasificados en: Islas, Borde litoral, Planicies Costeras y conos deyección, Lomas, bahías y ensenadas.

Actualmente pertenece al cuaternario reciente, sobre el cual se encuentran los depósitos aluviales que se ubican a lo largo de toda la zona a nivel regional y sus conos de deyección.

La secuencia estratigráfica comprende unidades litológicas cuyas edades van desde el Jurásico hasta el reciente, describiéndose las características litológicas y sus relaciones estratigráficas.

### 2.3 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

El distrito de Pueblo Libre se caracteriza por tener un relieve propio de las áreas denominadas depósitos aluviales, complejo en su forma y topografía por la interacción de factores geológicos y climáticos que han provocado procesos erosivos y deposicionales con estructuras de formación y grupos geológicos, presenta geformas como planicies costeras y montañas de arena a nivel local del área de estudio, también se pueden encontrar terrenos planos de formación fluvio-aluviales, cuyas cotas en ambos márgenes están en el orden de los 80 m.s.n.m. y es precisamente sobre este tipo de relieve en donde se desarrollan la mayoría de las edificaciones del distrito.

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			



Fuente: TISAC 2021

**Figura. 2.1. Fisiografía del área en**

## **estudio 2.4 GEOMORFOLOGÍA**

### **2.4.1 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL**

Los rasgos geomorfológicos, se han obtenido a partir de la interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales, trabajo de campo y concordancia con otros mapas (especialmente con el mapa geomorfológico) recopilados del INGEMMET.


Se han identificado y delimitado regionalmente las unidades geomorfológicas.

#### **2.4.1.1 Borde Litoral**

Comprende el área de tierra firme adyacente a la línea litoral, expuesto a la acción de las olas marinas, se extiende de Noreste a Sureste en forma de una faja delgada cuya anchura va desde la línea de costa hasta una distancia que puede variar de 1 a 2 Km tierra adentro, configurado principalmente por bahías y ensenadas, las principales bahías en el área de Lima son Ancón y Callao en la cual están configurados por arenas por acción de las corrientes litorales o por deriva litoral.

#### **2.4.1.2 Lomas y Cerros Testigos**

Dentro de esta unidad se han considerado a las colinas que bordean las estribaciones de la cordillera occidental las cuales quedan como cerros testigos en medio del cono aluvial de Lima.

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

Presentan una topografía subordinada a la litología de las unidades geológicas y a la cobertura eólica que las cubren como es el caso de las Lomas y colinas que bordean la faja costanera de Pucusana, Lurín, Pamplona, etc. Todos ellos aparecen como cerros testigos dentro de la llanura aluvial.

#### **2.4.1.3 Valles y Quebradas**

Esta unidad geomorfológica comprende a los valles del río Rímac, Lurín, Chillón y Chancay, presentan un clima seco con un piso cubierto por depósitos coluviales y materiales de poco transporte, provenientes de las estribaciones de la Cordillera Occidental, siendo a su vez estos cubiertos por arena eólica.

#### **2.4.1.4 Estribaciones de la Cordillera Occidental**

Esta unidad geomorfológica corresponde a las laderas y crestas marginales de la Cordillera Andina de topografía abrupta formada por plutones y stocks del Batolito costanero, emplazado con rumbo Noroeste-Sureste, el mismo que ha sido disectado por los ríos y quebradas que se abren camino hacia la costa, formando valles profundos con flancos de fuerte inclinación, en donde las crestas más elevadas se estiman con alturas de 900 msnm, reflejando la fuerte erosión de los ríos.





**TISAC**  
MECANICA DE SUELOS E  
INGENIERIA GEOTECNICA

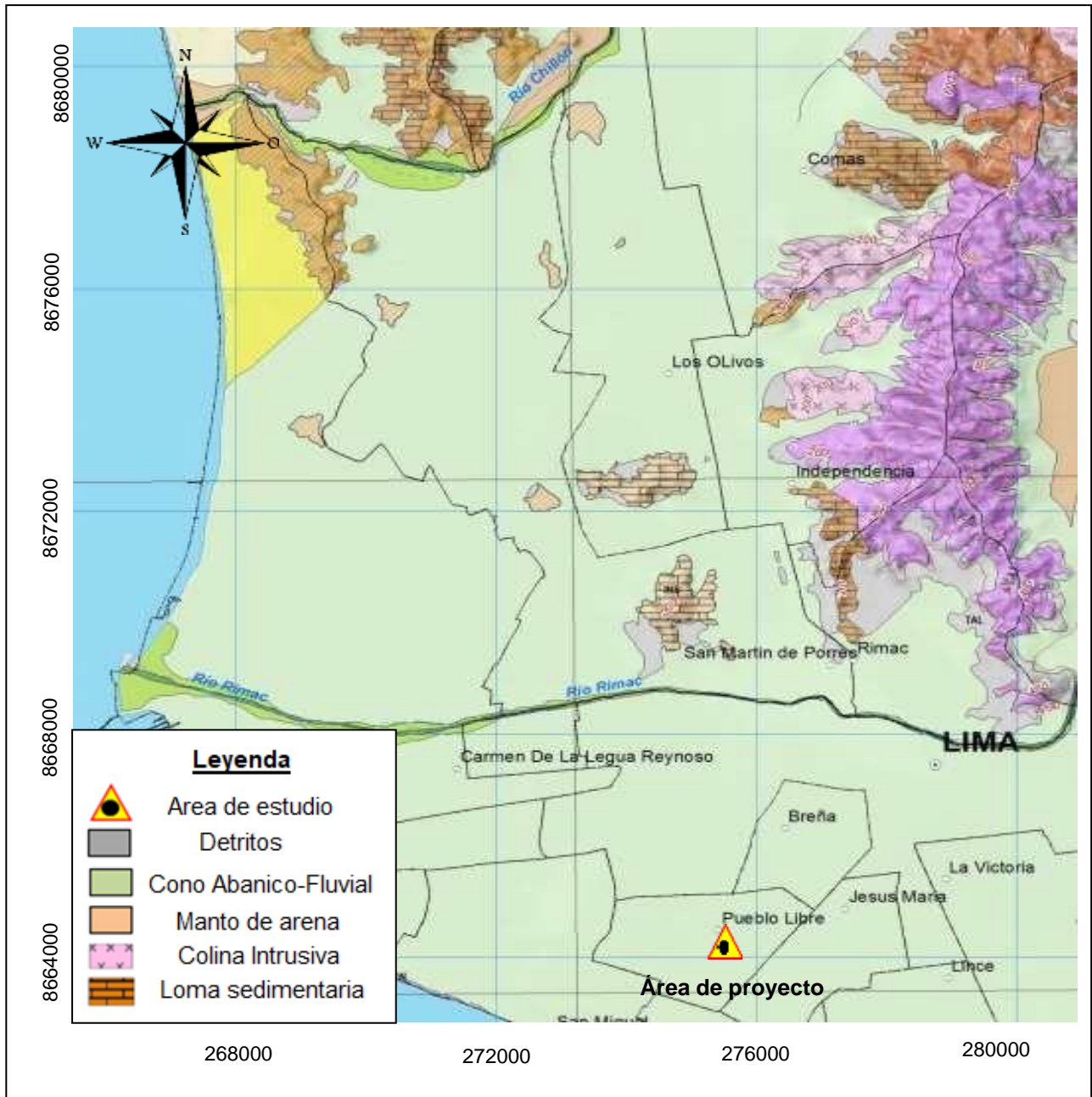
ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE  
CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR  
JR. AMERICA 236-240 URB. SAN  
BERNARDO- PUEBLO LIBRE

CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01

Revisión: 1

2021-11-27

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**




Fuente: INGEMMET 2021

**Figura 2.2. Mapa Geomorfológico Regional**

**2.4.2 GEOMORFOLOGÍA LOCAL**

Los rasgos geomorfológicos a nivel local presentes en el área de estudio han sido moldeados por eventos de geodinámica externa y/o interna y describen la presencia de una planicie aluvional donde emplaza gran parte de las edificaciones del distrito de Pueblo Libre, la unidad de cono y abanico fluvial que conforman el Batolito intrusivo que contornea la planicie aluvional, el cauce del río Rímac conformando una terraza fluvial adyacente y depósitos coluviales adyacentes a los cerros colindantes.

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

Su morfología es ondulada, poco agreste, sus taludes no sobrepasan los 15-20°, generalmente están cubiertas por una capa de arenas eólicas y en gran parte han sido aprovechadas como arena urbana.

#### 2.4.2.1 Conos de Deyección

Constituye una llanura cubierta por material de acarreo transportado por el río Lurin, muestra una topografía moderada con zonas planas y localmente con algunas lomas o mantos.

Esta unidad se desarrolla a lo largo de una faja, limitada al oeste por la ribera litoral y al este por una cadena de cerros bajos pertenecientes al primer contrafuerte andino, con un ancho promedio de 30 km.


#### 2.4.2.2 Colina

Esta unidad morfológica menor se encuentra ubicada en la zona NE y NW de la unidad minera, presenta un relieve topográfico superficial ligeramente accidentado con pendientes moderadamente pronunciadas en sus laderas; corresponden a afloramientos rocosos constituidos por rocas sedimentarias y volcánicas; se encuentran intemperizados, ligeramente rugosos y cubiertos por material cuaternario.



Fuente: TISAC-2021

**Figura. 2.3. Geoformas cercanas a la zona de estudio**

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

## 2.5 GEOLOGÍA REGIONAL

El distrito de Pueblo Libre, donde se encuentra el Área en estudio, se ubica en la costa sur del Lima Metropolitana en la Provincia de Lima, Departamento de Lima, se ubica al occidente de la costa Sur del Perú, cercano del Océano Pacífico, rodeada por depósitos aluviales, eólicos y fluviales.

La cartografía geológica elaborada por el INGEMMET y publicada en el cuadrángulo de Lima 25 i, describe la geología en el contexto regional del área el cual se desarrolla el proyecto. Los materiales predominantes en los alrededores del Área en Estudio son los Depósitos Aluviales (Qh-al), constituidos por materiales arenosos de matriz limo-arenosa, Depósitos Eólicos (Q-eo), constituidos por arenas eólicas de grano fino a medio, que ocurren como mantos delgados de arenas, y Formación Puente Inga (Ki- pi), Superunidad Patap (ks-pt-gbdi), Formación Ventanilla y la Formación Herradura.

### 2.5.1 Formación Puente Inga (Ki-pi)

Sobreyace concordantemente a los volcánicos del Santa Rosa e infrayace a la Formación Ventanilla.

La serie es predominantemente sedimentaria, caracterizada por presentar horizontes lenticulares de lutitas tobáceas y areniscas, se ubican a nivel local en el cerro muleria, cerca de la comisaria sol de oro.

### 2.5.2 Superunidad Patap (Ks-pt-gbdi)

Está compuesto de gabros y dioritas, las más antiguas del batolito, emplazados al lado occidental del mismo, con edad perteneciente al cretáceo Superior. Generalmente presentan signos de Inestabilidad.

### 2.5.3 Formación Ventanilla

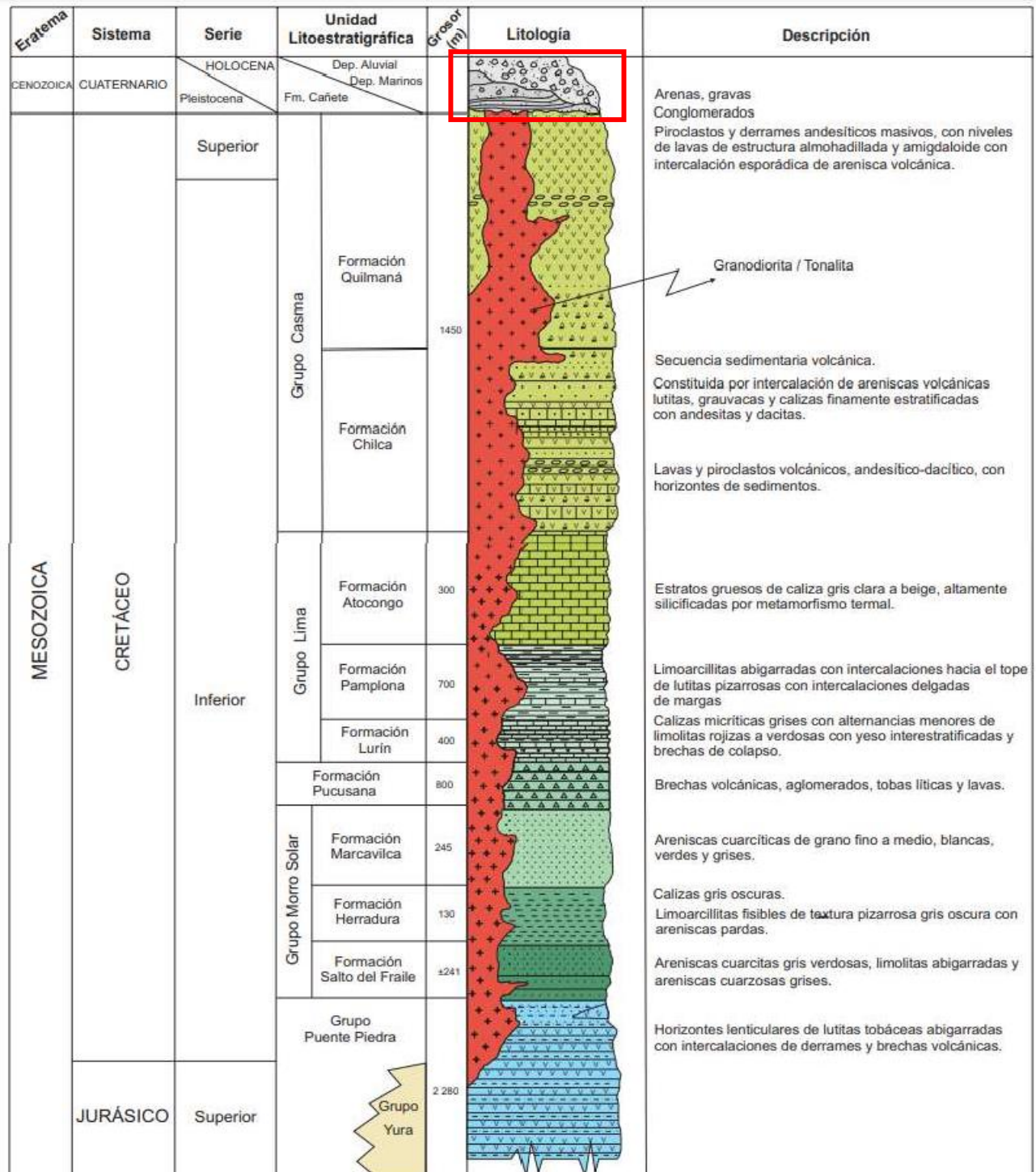
Esta constituidos por derrames y brechas volcánicas, con intercalaciones de lutitas tobáceas, limolitas y areniscas., sobresaliendo los matices blanquecinos, parcialmente pigmentadas por oxidaciones limolíticas.

Estos sedimentos intemperizan en terrenos de relieves suaves, dando suelos de color blanco amarillento.

### 2.5.4 Formación Herradura

Esta formación está constituida por clásticos finos y oscuros, lutitas arcillosas negras interpuestas con areniscas limosas oscuras en capas delgadas y areniscas micáceas gris oscuras.

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

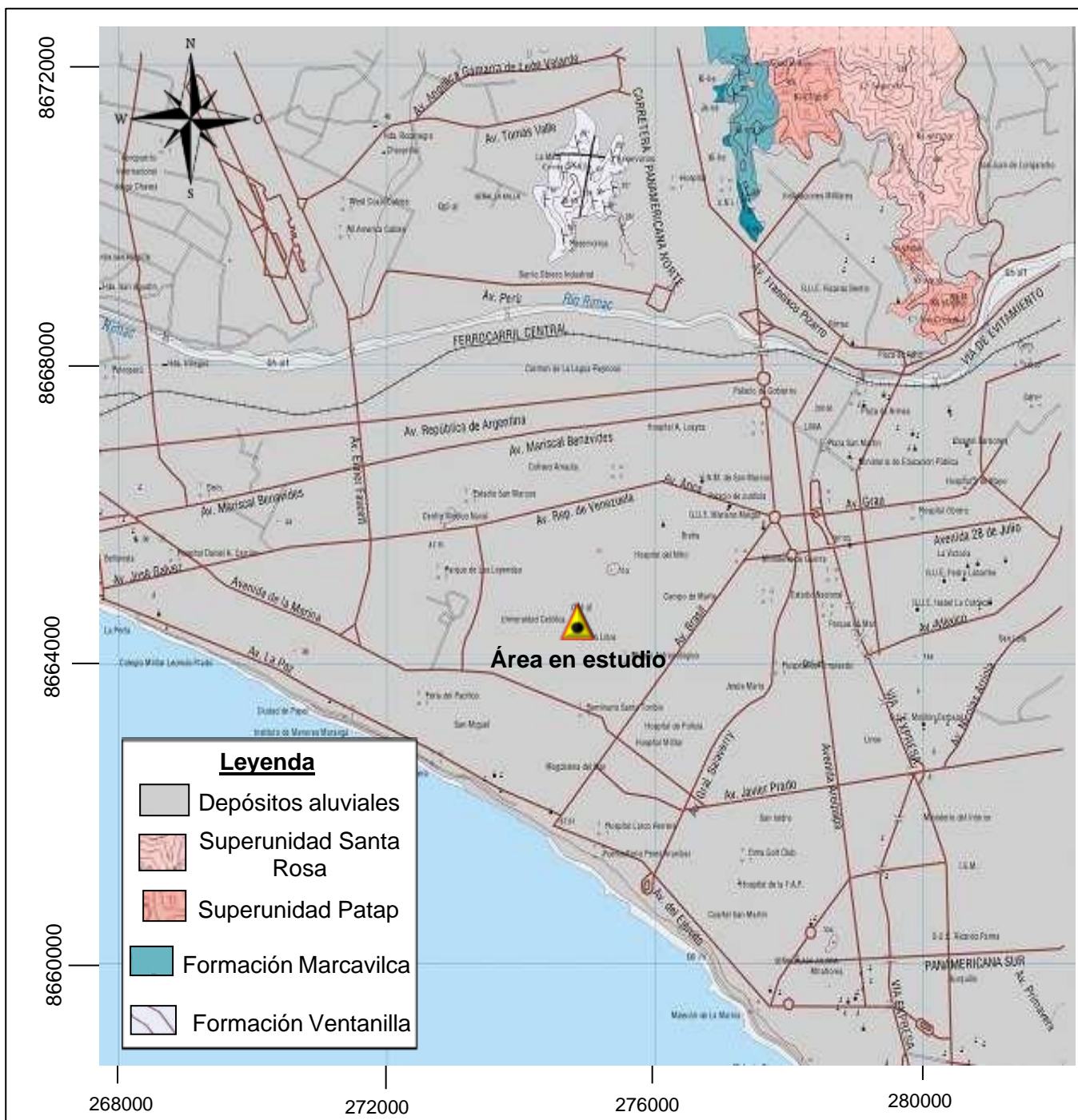


**Figura 2.4. Columna estratigráfica- formación o depósitos de la geología Regional y Local.**

Fuente: INGEMMET 2021




ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



**Figura 2.5. Mapa Geológico Regional**

Fuente: INGEMMET 2021

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

## 2.6 GEOLOGÍA LOCAL

En la localidad de Asia los sedimentos predominantes son mantos de Depósitos Aluviales (Q-al), constituidos por materiales arenosos de matriz limo-arenosa, siendo común observar la ocurrencia de capas lentiformes de arenas consolidadas con limos.

Asimismo, existen arenas eólicas de grano fino a medio, que ocurren como mantos delgados de arenas, dunas gigantes o como barjanas en movimiento con dirección S-N provenientes de Depósitos Aluviales (Q-e) del Cuaternario.

### 2.6.1 Depositos aluviales (Qh-al)

Son acumulaciones clásticas que se encuentran constituidas por gravas, arenas, limo arcilloso y cantos, entremezclados en proporciones diferentes debido a que han sido depositados bajo condiciones muy variadas en cuanto a volumen y velocidad de flujo.

Estos depósitos según el INGEMMET corresponden a los materiales transportados y depositados por el río Mala o Calango. Desde el punto de vista edáfico, conforman suelos transportados profundos, areno-arcilloso y en los cuales se desarrolla el mayor porcentaje de la actividad agrícola de la región.

### 2.6.2 Depositos Eólicos (Qpl-e)


Constituidos por bancos de arena con algo de limos, dispuestas en capas con orientación promedio N 75°O y 10° de buzamiento al norte, que se encuentran emplazados en diversos sectores de la Costa. Por acción del viento se han ido trasladando y a la vez formando Lomas y Colinas.

## 2.7 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

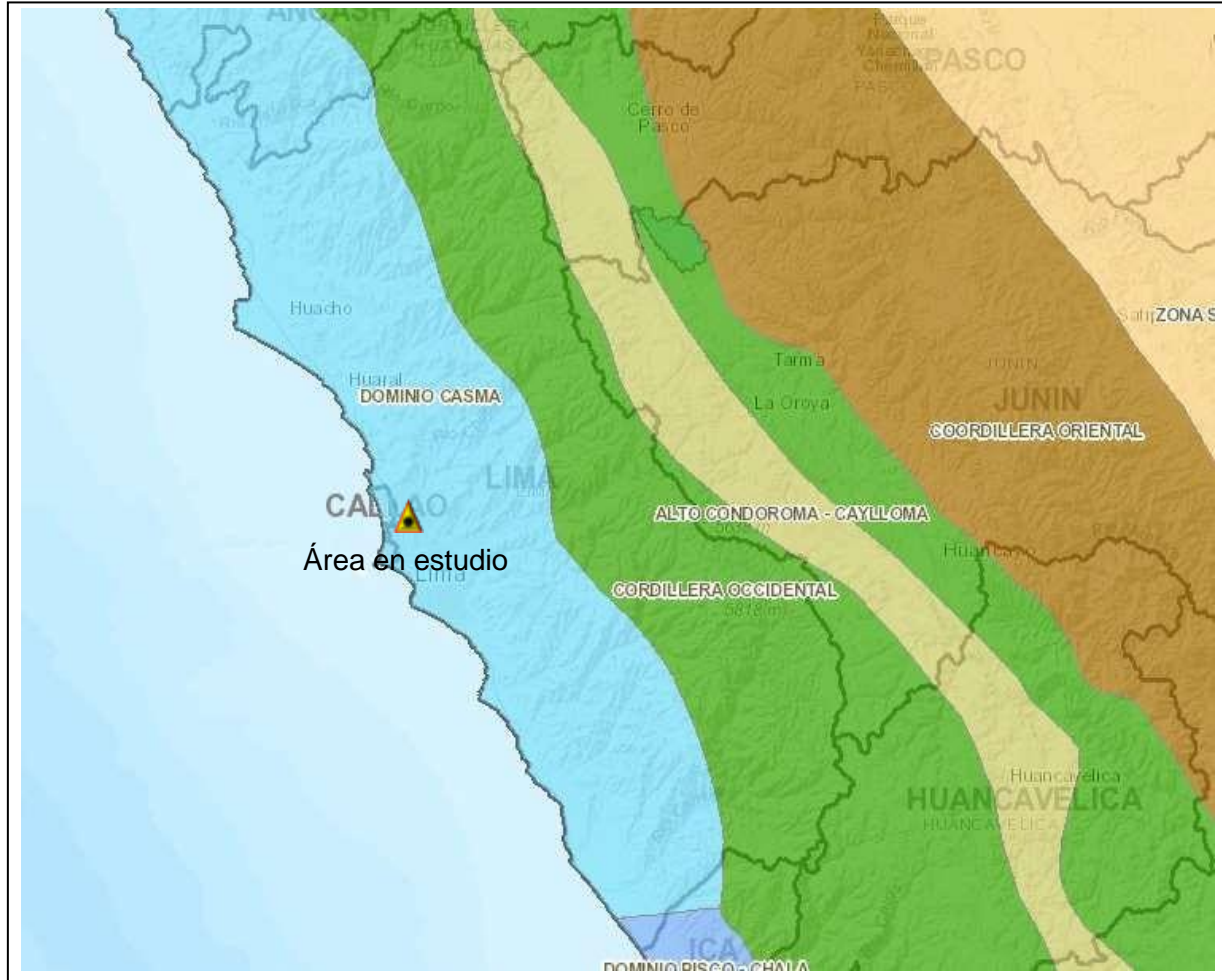
El área en estudio se ubica en la costa Occidental de Sudamérica, en una franja costera entre el Océano Pacífico y los Andes. Lima está localizada en los conos de deyección de los ríos Rímac y Chillón que descienden de los Andes al Océano Pacífico. La región es parte del cinturón Circum-Pacífico, que es una de las zonas más activas del mundo. Los sismos se originan principalmente por la subducción de la placa de Nazca, bajo la placa Sudamericana. Esta zona ha generado sismos de alta magnitud con periodos de recurrencia relativamente cortos.

Según el mapa de los dominios estructurales, la zona de estudio se ubica en el Dominio Casma, se sitúa en la costa y en el borde Oeste de la Cordillera Occidental del Perú central. Afloran unidades volcánicas, plutónicas y sedimentarias que son parte del sistema volcánico de arco-islas a arco continental, que es activo desde el Jurásico terminal como parte de la cuenca occidental, rellena con secuencias volcano sedimentarias de edad cretácica. Las rocas plutónicas corresponden al Batolito de la Costa.


Este dominio está constituido por una de las mayores adiciones de magma hacia la corteza. Los límites corresponden a los sistemas de fallas Conchao-Cocachacra e Ica

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

que jugaron como normales en el Cretácico. A nivel local no se visualizó un sistema de fallas o pliegues.



**Figura 2.6. Mapa geológico estructural**  
 Fuente: Geocatmin 2021

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

### 3. EXPLORACIONES

#### 3.1 EXPLORACIÓN DIRECTA

En la zona de estudio los trabajos de campo consistieron en la exploración del subsuelo, se ejecutó mediante tres (3) calicatas y dos (2) ensayos de densidad de campo. El esquema de la ubicación de las calicatas, se presenta en el Anexo 1 Registro de campo, los planos indicando las profundidades excavadas.

Paralelamente al muestreo, se efectuó el registro de excavaciones, anotándose las principales características físicas de los estratos encontrados, tales como: espesor, color, humedad, compacidad, tamaño máximo, nivel freático, plasticidad y clasificación visual.

Se tomaron muestras alteradas y disturbadas de los tipos de suelo encontrados en cantidad suficiente para realizar ensayos de laboratorio estándar, ensayos especiales y ensayos químicos que sean requeridos y aprobados.

Los trabajos de campo realizados para el reconocimiento del subsuelo, objeto del proyecto han considerado en la ejecución las siguientes actividades y ensayos:

**Tabla 3.1. Exploraciones y ensayos en el área de estudio**

ENSAYOS GEOTÉCNICOS Y GEOFÍSICOS	Nº DE ENSAYO
Calicatas a cielo abierto	3
Ensayo de penetración Dinámica “DPL”	-
Ensayo de cono de arena	2
Ensayo de refracción sísmica	1
Ensayo ondas (MASW), líneas de registro perpendiculares	1

Fuente: TISAC-2021

El mencionado trabajo ha sido llevado a cabo con personal y maquinaria especializada de Tupia Ingenieros S.A.C, bajo el control y supervisión del personal técnico del departamento de geotecnia, siguiendo pautas, normas y procedimientos normalizados exigidos por las diversas áreas de acreditación.

**Tabla 3.2. Resumen de datos de los trabajos realizados en campo**


TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	NIVEL FREÁTICO (m)	Nº DE MUESTRAS	UBICACIÓN- COORDENADAS WGS84 18S		
				NORTE	ESTE	COTA
C-1	4,00	NP	1	8664539.91	274949.00	84,0
C-2	7,00	NP	1	8664530.65	274945.00	84,0
C-3	3,00	NP	1	8664517.38	274942.00	84,0
CONO-1	2,00	NP	1	8664539.91	274949.00	84,0
CONO-2	4,00	NP	1	8664530.65	274945.00	84,0
ENSAYO MASW	20.00	NP	1	8664539.91	274949.00	84.0

Fuente: TISAC-2021

NP= no presenta nivel freático

Trabajos de campo (Noviembre)



	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

La investigación de campo se ha efectuado de acuerdo a la Norma E-050 de Suelos y Cimentaciones, del Reglamento Nacional de Edificaciones, que fue llevado a cabo en el mes de noviembre del 2021.

Se efectuaron cuatro calicatas de exploración a cielo abierto; las cuales, fueron identificadas desde C-01 al C-03, alcanzándose una profundidad máxima de 7.00 m.

Luego de realizar una clasificación manual visual de los estratos encontrados en cada calicata, se extrajeron muestras representativas, para su posterior análisis en el laboratorio de mecánica de suelos y estimar de esta manera las propiedades geotécnicas del subsuelo.

Con base en la exploración directa de campo, los resultados de los ensayos de laboratorio y la información secundaria revisada, se estimó el perfil estratigráfico típico en toda el área de estudio.

### 3.1.1 Calicatas

Con el objetivo de identificar los diferentes estratos del suelo y su composición, se ejecutaron tres (3) calicatas manuales a cielo abierto (C-01 a C-03), de cada una de las cuales se extrajeron muestras que fueron analizadas para ser clasificadas de acuerdo a las Normas ASTM correspondientes. Cada muestra fue identificada convenientemente y embalada en bolsas de polietileno; las mismas, fueron remitidas al laboratorio para realizar los ensayos respectivos.

Así mismo se tomó las coordenadas UTM WGS84, y su respectiva información si en cada calicata se encontró el nivel freático, cota y número de muestra obtenidas por cada calicata.


En la siguiente tabla, se presenta el resumen de datos de las excavaciones.

**Tabla 3.3. Resumen de datos de las calicatas**

CALICATA	COORDENADAS WGS84		PROF. (m)	NIVEL FREÁTICO (m)	COTA (m)	NÚMERO DE MUESTRAS
	ESTE	NORTE				
C-01	274949.00	8664899.00	4.00	* N.A	84.0	1
C-02	274945.00	8664893.00	7.00	* N.A	84.0	1
C-03	274942.00	8664889.00	4.00	* N.A	84.0	1

(\*) N. A = No alcanzado (No presenta nivel freático)

Fuente: propia 2021

 <b>TISAC</b> MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE          CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			



**Figura 3.1. Excavación de calicatas en el área de estudio, Distrito de Pueblo Libre**

Fuente: TISAC-2021

### 3.1.2 Ensayo de densidad por el método del cono de arena


El procedimiento empieza con la excavación de un orificio de prueba en el suelo donde se va a ensayar y todo el material extraído del orificio es recuperado en un contenedor. Se llena el orificio con arena de densidad conocida en caída libre y se determina el volumen. La densidad húmeda del suelo in situ, se determina dividiendo el peso de la masa húmeda del material removido entre el volumen del orificio, de acuerdo a las Normas ASTM D 1556.

**Tabla 3.4. Resultados del ensayo de densidad con el método de cono de arena**

UBICACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	COORDENADAS WGS84	
			ESTE	NORTE
CONO-1	2,00	1,85	274949.00	8664899.00
CONO-2	4,00	1,91	274945.00	8664893.00

Fuente: propia TISAC-2021

Los registros del ensayo se adjuntan al informe en el *Anexo 1*.

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			



**Figura 3.2. Ensayo de cono de arena, en el área de estudio**

Fuente: TISAC-2021

## 3.2 ENSAYOS ESPECIALES

### 3.2.1 Ensayo de corte directo ASTM D-3080

La resistencia al corte de una masa de suelo es la resistencia interna por área unitaria que la masa de suelo ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él. El estudio de la resistencia al corte es necesario para analizar los problemas de, capacidad de carga.

Para la mayoría de los problemas de la mecánica de suelos, es suficiente aproximar el esfuerzo cortante sobre el plano de falla como una función lineal del esfuerzo normal (Coulomb), es decir:

$$\zeta = c + \sigma \operatorname{tg} \Phi$$


Donde  $c$  = cohesión, y  $\Phi$  = ángulo de fricción interna

Preparación de la muestra

- Ensamblar la caja de corte y fijar la caja en posición. Obtener la sección transversal de la muestra.
- Colocar la piedra porosa y el pistón de carga sobre la superficie de la muestra.
- Determinar el peso y el espesor de la muestra.

Procedimiento de ensayo

- Aplicar la carga vertical y colocar el medidor de desplazamiento vertical en posición.

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

- Ajustar el anillo dinamométrico y el medidor de desplazamiento horizontal. Retirar los elementos que mantienen unida la mitad superior de la caja de corte a la mitad inferior, para permitir su desplazamiento.
- Se comenzó a aplicar la carga horizontal midiendo desde los deformímetros de carga, el cambio de volumen y de desplazamiento horizontal. La tasa de deformación unitaria estuvo en el orden de 0,5 a 2 mm/min y la muestra tardo en fallar entre 3 y 5 minutos.

**Tabla 3.5. Resultados ensayo Corte Directo**

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN SUCS	C (kPa)	$\phi$ (°)
C-02	M-1	4,00-6,00	GW	0	40.1

C: Cohesión.

$\phi$ : Angulo de fricción

### 3.2.2 Presencia de Nivel Freático

#### 3.2.2.1 Nivel de la Napa freática

La identificación de la posición del nivel freático resulta muy importante para el estudio de las condiciones del suelo por debajo del nivel de la cimentación. Por lo que durante la ejecución de los ensayos se ha prestado una especial atención en acotar la profundidad de la lámina freática, las evidencias de campo se relacionan a continuación:

**Tabla 3.6. Niveles Freáticos**

EXPLORACIÓN	PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO (m)	FECHA DE LAS EXPLORACIONES
C-01	No se encontró durante exploración	Noviembre 2021
C-02	No se encontró durante exploración	Noviembre 2021
C-03	No se encontró durante exploración	Noviembre 2021


Fuente: propia TISAC 2021

### 3.3 EXPLORACIÓN INDIRECTA

#### 3.2.1. Evaluacion Geofisica

Cuando se generan las ondas sísmicas, a partir de golpes en el suelo con un martillo, éstas incluyen tanto las ondas sísmicas internas primarias y secundarias, así como las ondas superficiales también llamadas ondas Love y Rayleigh.

Los ensayos de refracción sísmica y medición de ondas superficiales en arreglos multicanales (MASW) consisten en registrar ondas vibratorias en la superficie del terreno y registrar a distancias variables el arribo de las ondas compresionales (Ondas P) para el caso de la refracción sísmica; y de las ondas Rayleigh (las cuales posteriormente son procesadas a modo de obtener Ondas S) para el caso del sondaje MASW, con las cuales se determinan los cambios de velocidades a lo largo de los contactos. Los fundamentos teóricos de estos sondajes geofísicos sísmicos se detallana continuación:

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

### 3.2.2 Metodo de Refraccion Sismica

El programa contemplado en el presente estudio, comprendió la ejecución de ensayos geofísicos (Refracción Sísmica y MASW) con fines de investigación geotécnica para el proyecto con fines de cimentación en el terreno, ubicado en el distrito de Pueblo Libre.

El Ensayo de Refracción Sísmica consiste en la medición de los tiempos de viaje de las ondas de compresión (Ondas P) y algunas veces de las ondas de corte (Ondas S) generadas por alguna fuente de energía impulsiva a unos puntos localizados a diferentes distancias a lo largo de un eje sobre la superficie del suelo. La energía es detectada, amplificada y registrada, de tal manera que puede determinarse su tiempo de arribo en cada punto.

El inicio de la grabación es dado a partir de un dispositivo o SWITCH que da el tiempo cero para evaluar el tiempo recorrido. Estos datos de tiempo y distancia, usando para cada caso especial una variación del punto de SHOT (o aplicación de la energía), permiten evaluar las velocidades de propagación de las ondas P a través de los diferentes estratos (suelo y roca), cuyas estructuras, geometría y continuidad son investigadas. Se estila usar el método de “Delete Time” para el análisis de los resultados.

Aparte del equipo sismógrafo GEA 24, se cuenta con 24 geófonos de 14 Hz de frecuencia natural con amortiguadores instalados y conexiones de cable; y 24 geófonos de 4,5 Hz.

El equipo puede ser disparado con martillo de 12 kg, 75 kg o 300 kg de peso o con explosivos. Se cuenta con el programa INTERSISM para el procesamiento de datos y la realización del análisis de refracción sísmica.

En el presente trabajo se utilizó el equipo de prospección sísmica GEA24 con 24 canales de registro, cables con espaciamiento máximo para geófonos de 10 m, geófonos magnéticos y graficador de papel térmico de alta resolución. La distribución de los disparos se realizó de la siguiente manera considerando una longitud del tendido que estuvo en función a la profundidad de investigación, la accesibilidad y el espacio disponible, siempre teniendo en cuenta que la profundidad de investigación viene dada por la siguiente relación:  $H \approx L/3$  aproximadamente:



ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

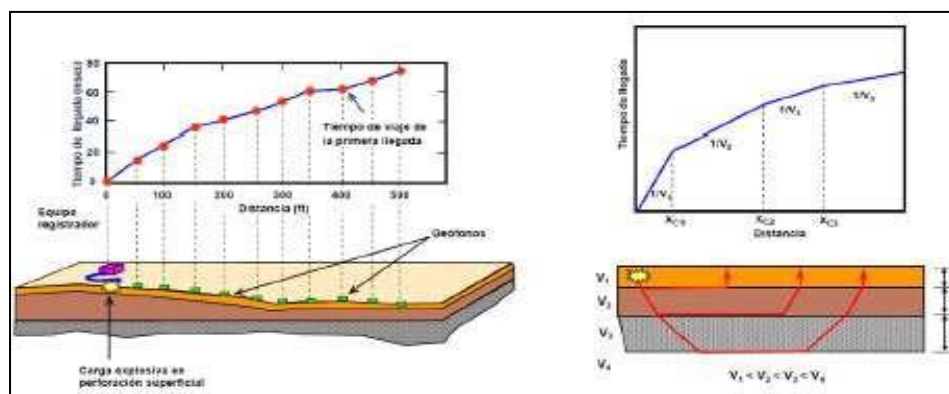


**Figura 3.3. Disposición de los geófonos y shot (puntos de disparo)**

Fuente: propia – TISAC 2021


Los registros sísmicos obtenidos se procesan con el software INTERSISM para calcular las curvas tiempo-distancia (dromocrónicas) con las que se calculan las velocidades y espesores de los estratos sísmicos mediante el método de “Delete Time”, tiempo de retardo, aplicado en diferentes formas por diversas escuelas, indicándose las características más saltantes del análisis e interpretación para el presente estudio.

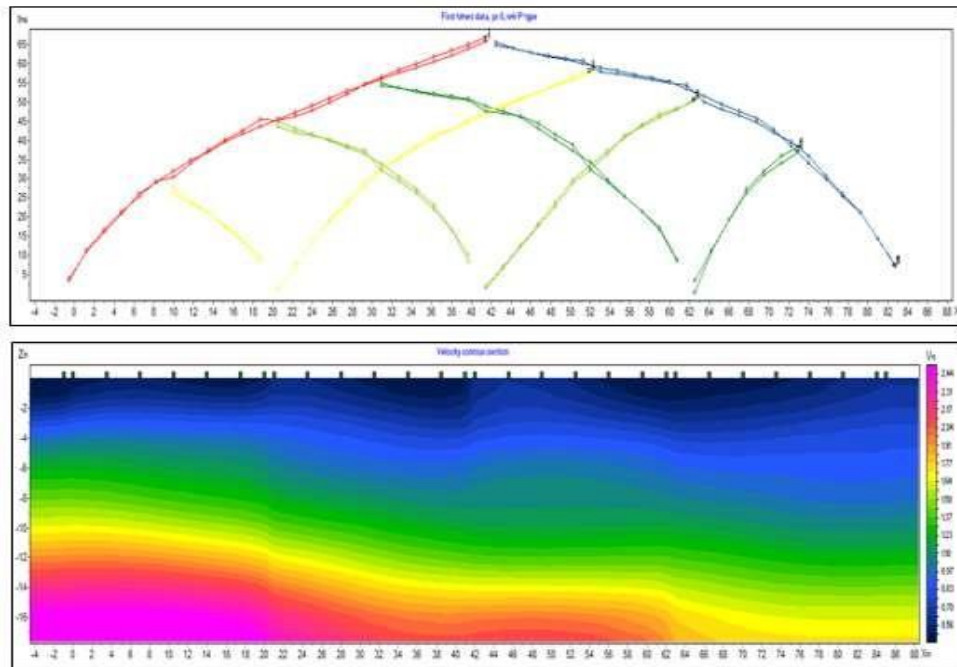
Las dromocrónicas y el perfil estratigráfico se presentan en el Anexo 1



**Figura 3.4. Obtención de velocidades y estratos**

Fuente: propia – TISAC 2021

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			



**Figura 3.5. Obtención de Dromocrónicas y Perfil**

Fuente: propia – TISAC 2021

### 3.2.3 Método de análisis de ondas MASW

MASW: análisis multicomponente de ondas de superficie: un método ampliamente utilizado en estudios de ingeniería.


Debido a que las ondas superficiales contienen una porción significativa de la energía sísmica, y su velocidad es significativamente menor en otros tipos de ondas, se hace posible marcar su salida.

Hay varias modificaciones del método MASW, pero las principales son: métodos activos y pasivos. El método de trabajo activo de campo de MASW no es diferente de los sistemas clásicos (MRW-), sin embargo, se debe tener en cuenta que la resolución y la profundidad del método están determinadas por los parámetros de la matriz geométrica, el período de acumulación y la frecuencia de discretización de la señal.

El método MASW estudia la dependencia de la velocidad de fase en las curvas de frecuencia - dispersión. Es un análogo de la detección de frecuencia en el estudio eléctrico. Cuanto menor sea la frecuencia a la que se selecciona la velocidad de fase, mayor será la profundidad de la penetración de la energía sísmica.

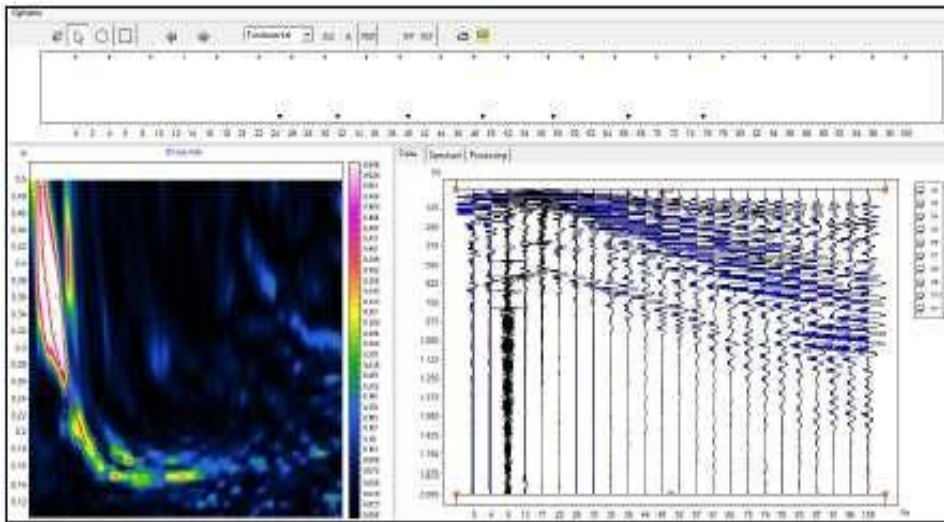
La posibilidad de aplicar el método MASW también depende de la sección sísmica. Las secciones más favorables son las medianas con un aumento suave de la velocidad de la onda S con la profundidad.

La selección de curvas de dispersión a partir del sismograma es el problema más difícil, que requiere habilidades y experiencia. Generalmente, la manipulación se realiza en el dominio de la frecuencia, para hacerlo, pre-calculan los espectros f-k o f-v. Existen

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

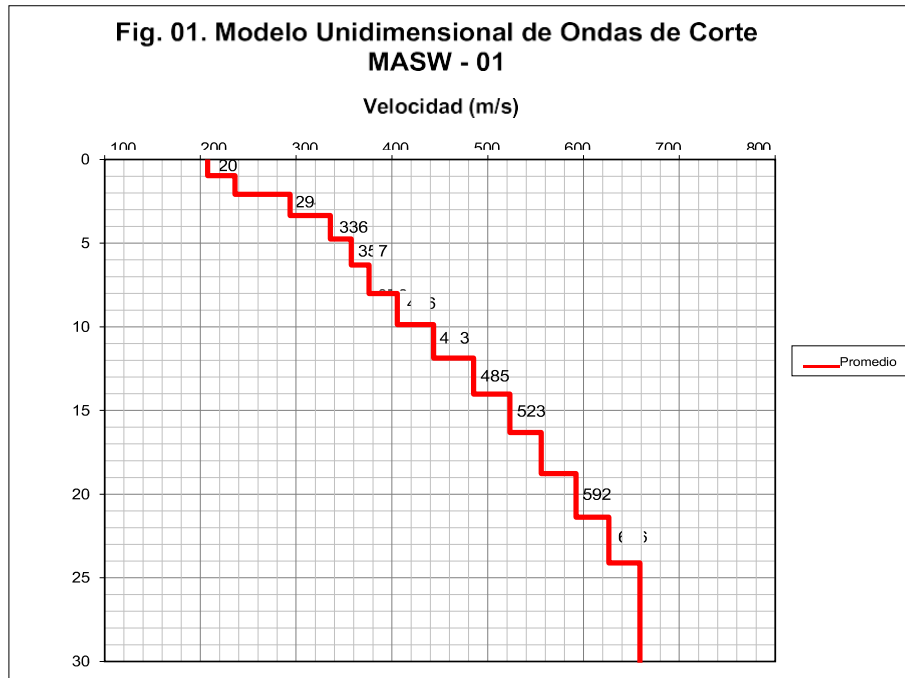
varios algoritmos básicos para la selección automática y semiautomática de curvas de dispersión. ZondST2d utiliza el algoritmo propuesto por Park en 1999.

En general, tres parámetros influyen en las curvas de dispersión: velocidad de las ondas de compresión (ondas P), ondas de corte (ondas S) y densidad. Pero una influencia mayor es solo por la velocidad de las ondas S ( $V_s$ ). Por lo tanto, como resultado de la interpretación de datos MASW, se obtiene el conjunto de perfiles verticales ( $V_s$ ).



**Figura 3.6. Proceso de análisis de la técnica MASW**


Fuente: propia – TISAC 2021



**Figura 3.7. Variación de la velocidad de Onda de corte (Onda S)**

Fuente: propia – TISAC 2021



	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

Esta técnica se ha venido utilizando con bastante frecuencia en la exploración geotécnica para la cimentación de puentes, presas de tierra, presas de relaves y pads de lixiviación, obteniéndose buenas correlaciones con los perfiles estratigráficos del suelo en los casos donde se han realizado perforaciones diamantinas, así como con los resultados de los ensayos SPT, por lo que tiene una buena confiabilidad y constituye una alternativa muy económica para la evaluación de los parámetros elásticos del suelo de fundación.

### 3.2.4 Trabajos geofísicos de campo

El trabajo de exploración de geofísica en campo se realizó en noviembre del 2021, las imágenes de las investigaciones geofísicas se muestran en el Anexo 5: Panel fotográfico.

Para cada ensayo de refracción sísmica y sondaje MASW, primero se define el eje de la línea sísmica, luego se procede a instalar los geófonos y los cables de conexión al equipo de adquisición de datos. El espaciamiento entre geófonos es definido en función de la profundidad de exploración requerida y del área libre disponible en la zona de trabajo. Por lo general, la profundidad de investigación está en relación de un 1/3 a 1/4 de la longitud de la línea geofísica en superficie. El equipo utilizado cuenta con 24 geófonos con una capacidad máxima de separación entre geófonos de 1.00 m.

La fuente de energía utilizada para generar las ondas sísmicas consistió en una comba de 25 lb para las líneas de refracción sísmica y los ensayos MASW. Mediante el uso de estos implementos se lograron obtener registros de ondas con la adecuada nitidez para las longitudes de líneas ejecutadas.


En el presente trabajo, en función a la topografía del terreno, se realizaron líneas de refracción sísmica con separaciones entre geófonos de 1.0 m, generándose líneas de refracción de 25 m de longitud, las cuales permitieron explorar una profundidad entre 15 m, en promedio, por debajo de la superficie del terreno. Además se ejecutó sondajes MASW de 25 m de longitud, con separación de geófonos de 1.0 m, con los cuales se exploró una profundidad de investigación máxima de hasta 20.0 m. en promedio.

Estas investigaciones están orientadas a conocer las características físicas de los materiales en profundidad. Se realizaron los ensayos en la sección del perímetro del proyecto. Se realizaron seis líneas sísmicas en total, para refracción sísmica y MASW, dentro del área de estudio.

Las siguientes tablas presentan un resumen de la distribución de las líneas sísmicas, tanto para refracción sísmica (LRF) como para el MASW. La ubicación de las líneas geofísicas está ubicada en el plano de distribución geofísica

#### Resultados del Ensayo de Refracción Sísmica

A continuación, se presenta un resumen de los resultados de velocidad de propagación de ondas de compresión (Ondas P) y el número de estratos identificados.

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

**Tabla 3.7. Resultados de velocidades de las líneas sísmicas Vp**

Línea Geofísica	Estrato	Velocidad de Onda de Compresión ( $V_p$ ) (m/s)	Profundidad (m)
LRF-01	1	70.0	0,00-0,30
	2	240.0	0,30-2.20
	3	510.0	2.20-6.00
	4	980.0	6.00-11.10
	5	1250.0	11.10-12.40
	6	2110.0	12.40-20.00

Fuente: TISAC-2021

La evaluación de la refracción sísmica ha consistido en graficar el perfil tomográfico de la superficie del terreno, indicando los puntos de localización de los geófonos y de los disparos (shot). Para cada una de las líneas sísmicas que generaron perfiles sísmicos con valores de velocidad de propagación de ondas de compresión (ondas P) en base a las curvas dromocrónicas calculadas de los registros de llegada de las ondas presentadas en el Anexo 1.


### Resultados del Ensayo MASW

El registro de Ondas sísmicas Vs, desarrollada con los sondajes MASW, han creado una curva de Dispersión, para el desarrollo de un modelo Unidimensional de onda de corte presentada en el Anexo 1

**Tabla 3.8. Resultados de velocidades de las líneas sísmicas Vs**

Línea Geofísica	Estrato	Velocidad de Onda de Compresión ( $V_s$ ) (m/s)	Profundidad (m)
MASW-01	1	380.0	0,00-0,80
	2	510.0	0,80-1.90
	3	650.0	1.90-3.00
	4	800.0	3.00-4.00
	5	950.0	4.00-6.10
	6	1110.0	6.10-8.40
	7	1390.0	8.40-12.40
	8	1630.00	12.40-17.50


Fuente: TISAC-2021

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

**Tabla 3.9. Clasificación de los Perfiles del suelo Norma E030**

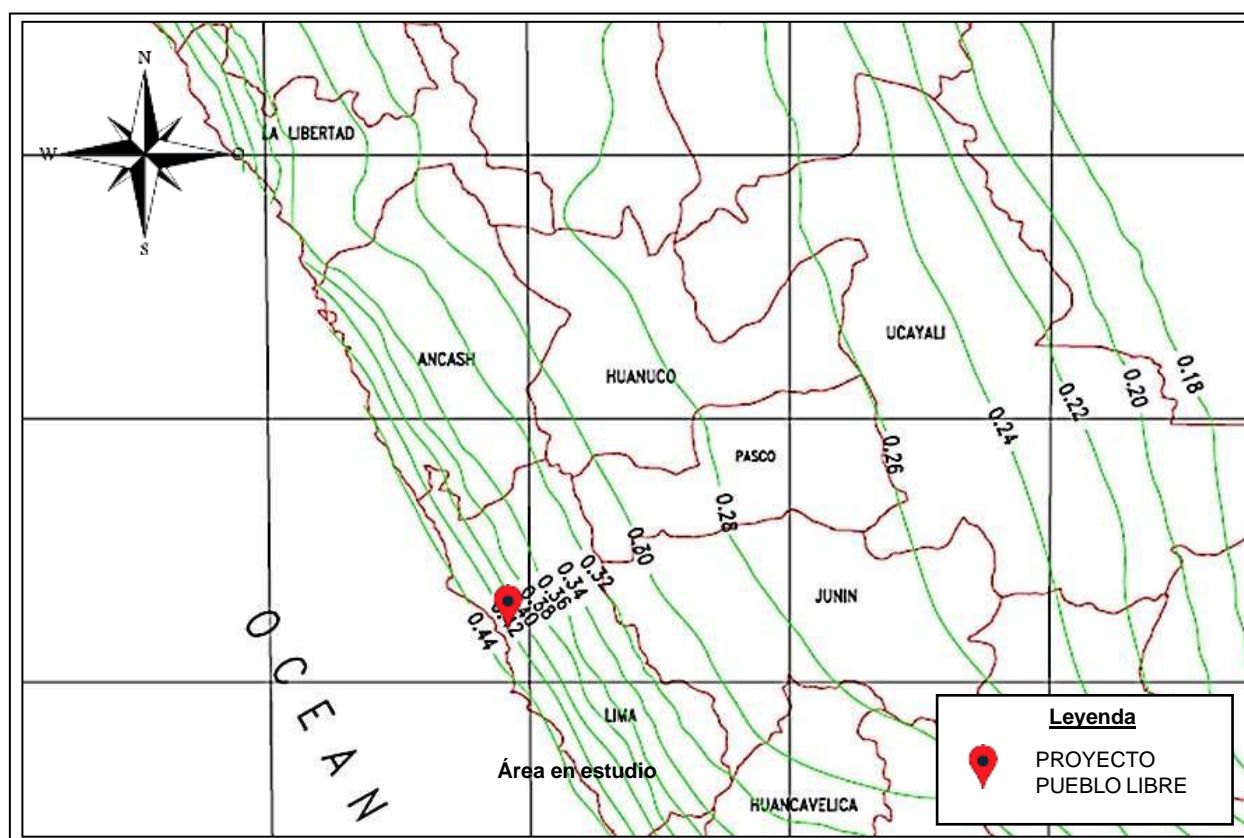
CLASIFICACION DE LOS PERFILES DEL SUELO NORMA E030			
PERFIL	VELOCIDAD ONDA DE CORTE ( $V_s$ ) (m/s)	CONTEO DE GOLPES ( $N_{60}$ )	RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA ( $S_u$ )
$S_0$	> 1500 m/s	-	-
$S_1$	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
$S_2$	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
$S_3$	< 180m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
$S_4$	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Norma E030

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

#### 4. PERFIL DEL SUELO (PARAMETROS SÍSMICOS)

El Perú por estar comprendido como una de las regiones de más alta actividad sísmica, forma parte del Cinturón Circumpacífico que es una de las zonas sísmicas más activas del mundo. Razón por la cual debe tenerse presente la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades altas. En ese mismo sentido, dentro del territorio peruano se ha establecido diversas zonas sísmicas (Figura 4.1 y Figura 4.2) las cuales, presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor presencia de los sismos.




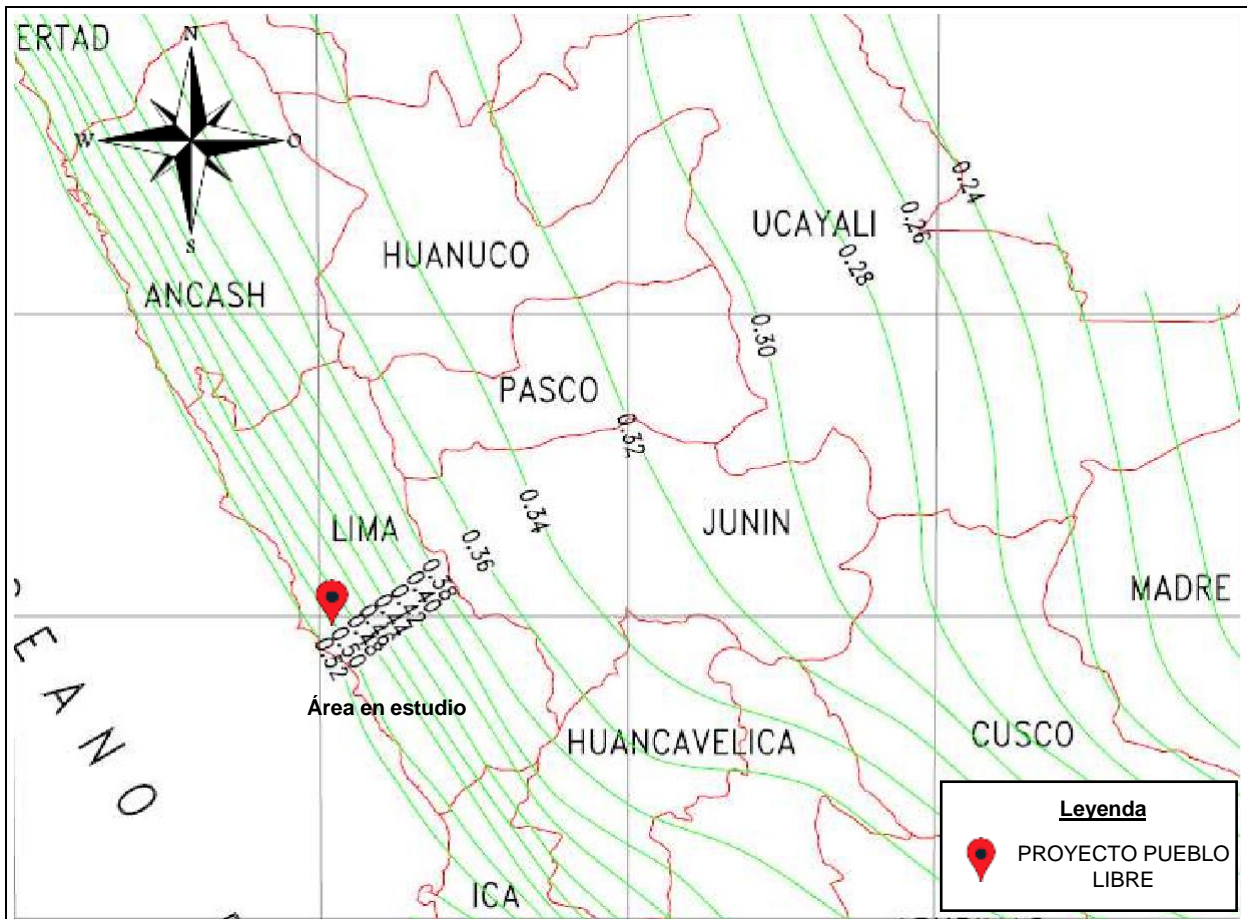
**Figura 4.1. Mapa de distribución de Iso-aceleraciones para un 10% de excedencia en 50 años**

Fuente: Dinámica de Suelos - Jorge Alva

Del análisis de amenaza sísmica para la zona del estudio, donde se ha determinado la aceleración máxima considerando 50 años de vida útil con un nivel de excedencia del 10% y un período de retorno de 50 - 100 años se han estimado los siguientes parámetros sísmicos:

- Aceleración máxima = 0,50g (100 años)
- Aceleración efectiva = 0,42g (50 años)

 <b>TISAC</b> MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE  CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR  JR. AMERICA 236-240 URB. SAN  BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			



**Figura 4.2. Mapa de distribución de Iso-aceleraciones para un 10% de excedencia en 100 años**


Fuente: Dinámica de Suelos - Jorge Alva

Según el mapa de zonificación sísmica y de acuerdo a la Norma Sismo - Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, a la zona de estudio le corresponde una sismicidad alta de intensidad media mayor de VI en la Escala Mercalli Modificada. Se sabe que la fuerza cortante total en la base de la estructura correspondiente a la dirección considerada se determina por la siguiente expresión que puede calcularse de acuerdo a las Normas de Diseño Sismo Resistente E-030: diseño sísmico sismo resistente del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N°001-2016-vivienda modificada con decreto supremo N°002-2014-vivienda, según la siguiente relación:

$$V = \frac{ZxUxCxS}{R_d} xP$$

Dónde:

Z: Factor de zona.

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

- U*: Factor de uso.
- S*: Factor de tipo de suelo.
- C*: Amplificación sísmica.
- R<sub>d</sub>*: Factor de reducción.
- P*: Peso de la estructura
- V*: Fuerza cortante en la base de la Estructura

#### **4.1 PARÁMETROS DE SITIO (S, T<sub>P</sub>, T<sub>L</sub>)**

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en el plano del Perú (Figura 4.3).

La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información geotectónica.

A cada zona se asigna un factor *Z*, dicho factor se interpreta como la máxima aceleración horizontal en suelo rígido expresada en términos de fracción de la aceleración de la gravedad y que posee una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. Para el presente estudio se recomienda considerar un  $Z=0,45$ .



ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

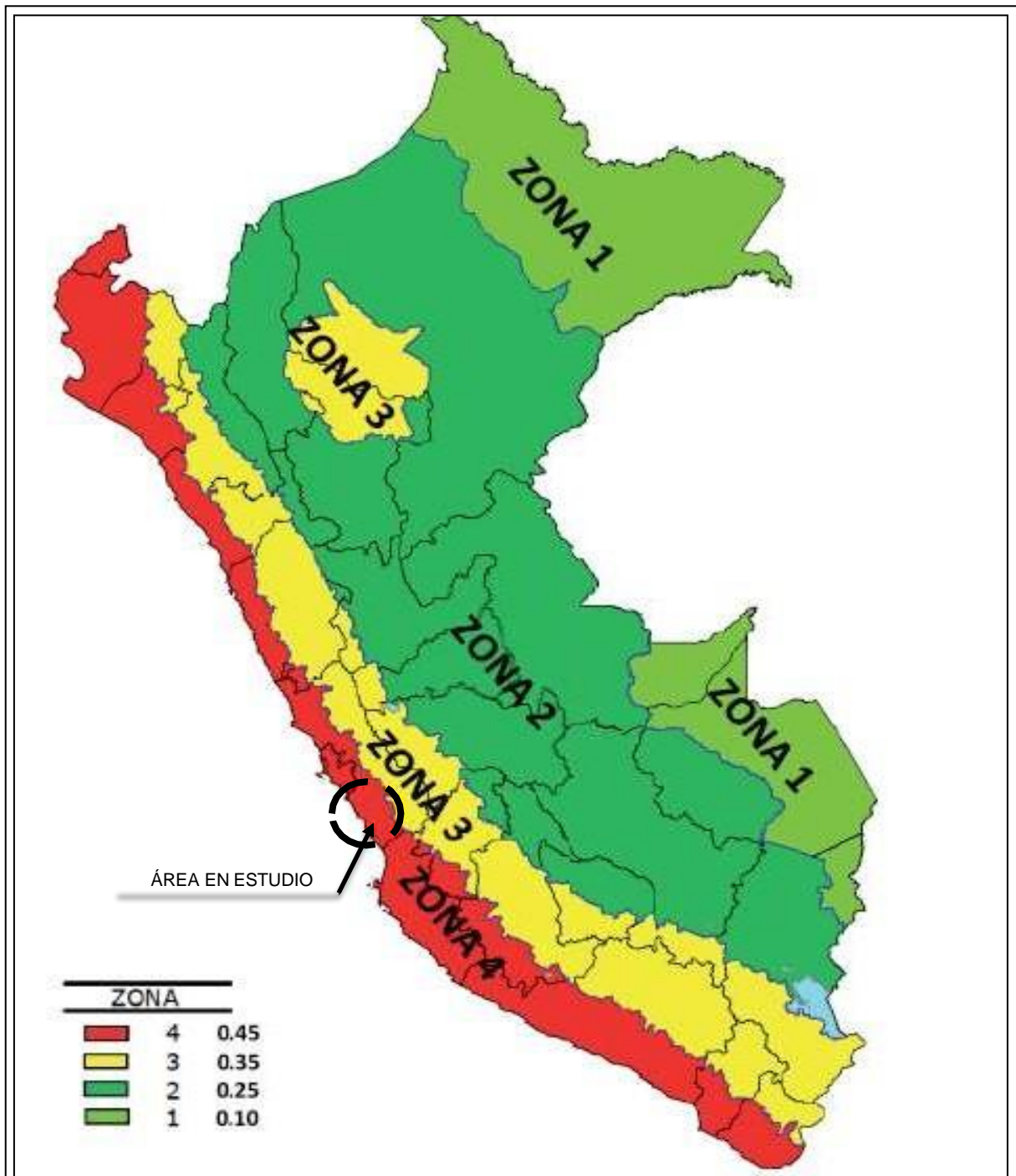



Figura 4.3. Zonificación sísmica del Per

Fuente: Norma Técnica Peruana E030, 2016

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

#### 4.1.1 Condiciones geotécnicas – tipos de suelo

Para efectos de la Norma E-030 Diseño Sismo Resistente, los perfiles de suelo se clasifican teniendo en cuenta las propiedades mecánicas del suelo, el espesor del estrato, el período fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte los tipos de suelos; se consideran cinco tipologías básicas:

##### 4.1.1.1 Perfil Tipo S0: Roca Dura.

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte ( $v_s$ ) mayor que 1500 m/s.

##### 4.1.1.2 Perfil Tipo S1: Roca o suelos muy rígidos.

A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte ( $v_s$ ) entre 500 m/s y 1500 m/s incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>).
- Arena muy densa o grava arenosa densa con N mayor de 50.

##### 4.1.1.3 Perfil Tipo S2: Suelos intermedios.

A este tipo corresponden los 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 N60 entre 15 y 50.
- Suelo Cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenadas entre 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

##### 4.1.1.4 Perfil Tipo S3: Suelos Blandos.


Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte ( $v_s$ ) menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena media a fina o grava arenosa, con valores del SPT, N, menor a 15.

##### 4.1.1.5 Perfil Tipo S4: Condiciones excepcionales.

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, pues deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S, y de los periodos  $T_P$  y  $T_L$ , dados en las tablas de la Norma Técnica Peruana E030.



	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

**Tabla 4.1. Factores sísmicos del suelo**

FACTORES DE SUELO S				
Zona / suelo	S0	S1	S2	S3
Z4	0,80	1,00	<b>1,05</b>	1,10
Z3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z1	0,80	1,00	1,60	2,00
T <sub>P</sub> (S)	0,30	0,40	0,60	1,00
T <sub>L</sub> (S)	3,00	2,50	2,00	1,60

Fuente: Norma técnica peruana E030

El perfil aplicable a la clasificación sísmica del suelo y su parámetro sísmico corresponde a la zona geotécnica por el tipo de material encontrado:

Suelos intermedios. Corresponde a este tipo los suelos medianamente rígidos con velocidades de propagación de onda de corte  $V_s$  entre 180 m/s y 500 m/s, con valores del SPT  $N_{60}$  entre 15 y 50.


**Tabla 4.2. Factores para diseño sismorresistente para suelo intermedio (S2)**

FACTORES		VALORES
Zona (Z)	Zona 4	0,45
Tipo suelo(S)	Suelos Intermedios S2	1,05
Periodos	T <sub>p</sub> (S)	0,60 s
	T <sub>L</sub> (S)	2,00 s

Fuente: Propia 2021

#### 4.1.2 Categoría de las edificaciones (Factor U)

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 4.3, de la norma E 030. Para el estudio en mención la categoría es C corresponde un Factor U = 1,00.

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			


**Tabla 4.3. Factor de Uso**

CATEGORIA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: - 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. Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,50
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,30
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,00
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U será como mínimo 1,5.

Nota 2: En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

Fuente: Norma Técnica Peruana E030, 2016

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

De todos los datos mostrados anteriormente para poder definir cada parámetro se muestra en la tabla siguiente un resumen de todos los valores obtenidos para el Diseño Sismo-resistente:


**Tabla 4.4. Resumen de los Factores para Diseño Sismo Resistente tipo de suelo S2**

FACTORES		VALORES
Zona (Z)	Zona 4	0,45
Uso (U)	Edificaciones comunes C	1,00
Tipo suelo(S)	Suelos Intermedios S2	1,05
Periodos	T <sub>p</sub> (S)	0,60 s
	T <sub>L</sub> (S)	2,00 s

Fuente: TISAC-2021

El perfil aplicable a la clasificación sísmica del suelo y su parámetro sísmico corresponden a un tipo de suelo:

S2=1,05; Período T<sub>P</sub> = 0,60; T<sub>L</sub>=2,00; Z=0,45 y un factor de uso (U) de 1,00.

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

## 5. ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras representativas extraídas, fueron sometidas a diversos ensayos en el Laboratorio Geotécnico de Tupia Ingenieros S.A.C. Los ensayos estándar y especiales fueron realizados con la finalidad de identificar y clasificar las muestras de suelo, siguiendo los criterios del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y ensayos químicos para analizar la agresividad del suelo.

A continuación, se indican la cantidad de ensayos realizados y las normas de la American Society for Testing and Material (ASTM) consideradas para su desarrollo:

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422
- Límites de Consistencia (Líquido y plástico) ASTM D-4318
- Clasificación SUCS ASTM D-2487
- Contenido de Humedad ASTM D-2216
- Ensayo corte directo ASTM D-3080
- Análisis de Cloruros AASHTO T-291, ASTM D-512
- Análisis de Sulfatos AASHTO T-290, ASTM D-516
- Análisis de Sales Solubles Totales ASTM D-1889, MTC E 219

### 5.1 ENSAYOS ESTÁNDAR

#### 5.1.1 Ensayo de clasificación de suelos (ASTM D-422, ASTM D-438)

El ensayo de clasificación SUCS se realizó respetando los procedimientos que indica la norma ASTM D-422. Los resultados de este ensayo se muestran en el Anexo 2 y el resumen se presenta en la tabla siguiente.


**Tabla 5.1. Resultados de los ensayos de clasificación de suelos**

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	GRANULOMETRÍA (%)			LÍMITES (%)		C.H. (%)	CLASIFICACIÓN SUCS
			Grava	Arena	Finos	LL	LP		
C-01	R	0,00 – 1,10	13.90	81.40	4.70	11.0	N.P	3.50	SP
	M-1	1,10 – 4,00	73.10	23.20	3.60	N.P	N.P	4.40	GW
C-02	R	0,00 – 1,20	15.50	79.70	4.80	12.1	N.P	4.00	SP
	M-1	1,20 – 7,00	71.70	24.70	3.80	N.P	N.P	5,80	GW
C-03	R	0,00 – 1,00	16.70	80,00	3,30	11.5	N.P	3,00	SP
	M-1	1,00 – 4,00	70.50	25.60	3.90	N.P	N.P	4,70	GW

R: Suelo de relleno  
Fuente: propia TISAC-2021

#### 5.1.2 Ensayos químicos

Con la finalidad de estimar el grado de agresividad del suelo hacia las estructuras de concreto y acero proyectadas, se realizaron ensayos químicos a las muestras obtenidas

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

de las excavaciones del suelo, con la finalidad de encontrar la concentración en partes por millón de Sales Solubles Totales, Cloruros y Sulfatos.

### 5.1.2.1 Recomendación del tipo de concreto de cimentación

El tipo de ambiente al que está sometido un elemento estructural viene definido por el conjunto de condiciones físicas y químicas a la que está expuesto y que puede llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a los de las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural teniendo en cuenta que la resistencia al concreto mínimo en la NTP E 0.60, esta referenciada en la Tabla 4.4 de la Norma Técnica Peruana.

Los ensayos químicos solicitados por la empresa, son los siguientes:

- Contenido de Sulfatos (ASTM D-516)
- Contenidos de Cloruros (ASTM D-512)
- Contenido de Sales Solubles Totales (ASTM D-1889)

**Tabla 5.2. Valores permisibles de ataque químico a la cimentación**

EXPOSICIÓN A SULFATOS	SULFATO SOLUBLE EN AGUA (SO <sub>4</sub> ) PRESENTE EN EL SUELO, PORCENTAJE EN PESO	SULFATO (SO <sub>4</sub> ) EN EL AGUA, PPM	TIPO DE CEMENTO	RELACIÓN MÁXIMA AGUA-MATERIAL CEMENTANTE (EN PESO) PARA CONCRETOS DE PESO NORMAL*	F'c MÍNIMO (MPa) PARA CONCRETOS DE PESO NORMAL Y LIGERO*
Insignificante	$0,0 \leq SO_4 < 0,1$	$0 \leq SO_4 < 150$	---	---	---
Moderada**	$0,1 \leq SO_4 < 0,2$	$150 \leq SO_4 < 1500$	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0,50	28
Severa	$0,2 \leq SO_4 < 2,0$	$1500 \leq SO_4 < 10000$	V	0.45	31
Muy Severa	$2,0 < SO_4$	$10000 < SO_4$	Tipo V más puzolana***	0.45	31

Requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos (tabla 4. 4 de norma)


\*Cuando se utilicen las Tablas 4. 2 y 4. 4 simultáneamente, se debe utilizar la menor relación máxima agua-material cementante aplicable y el mayor f'c mínimo.

\*\*Se considera el caso del agua de mar como exposición moderada.

\*\*\*Puzolana que se ha comprobado por medio de ensayos, o por experiencia, que mejora la resistencia a sulfatos

Cuando se usa en concretos que contienen cemento Tipo V.

Fuente: norma técnica de edificación N. T. E- E60, concreto armado (2009)

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

**Tabla 5.3. Valores permisibles de Agresividad Química**

PRESENCIA EN EL SUELO DE	P.P.M	GRADO DE ALTERACIÓN	OBSERVACIONES
*Sulfatos	00 - 1000 1000 - 2000 2000 - 20,000 >20,000	Leve Moderado Severo Muy Severo	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
**Cloruros	>6,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión de armaduras o elementos metálicos.
***Sales Solubles Totales	>15,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problema de lixiviación.

\*Cuando se utilicen las Tablas 4. 2 y 4. 4 simultáneamente, se debe utilizar la menor relación máxima agua-material cementante aplicable y el mayor  $f_c$  mínimo.

\*\*Se considera el caso del agua de mar como exposición moderada.

\*\*\*Puzolana que se ha comprobado por medio de ensayos, o por experiencia, que mejora la resistencia a sulfatos cuando se usa en concretos que contienen cemento Tipo V.

Fuente: Comité ACI 318-83 \*\* Experiencia existente

Para la evaluación de los resultados de los ensayos químicos, el Comité ACI 318-83 proporciona información sobre las cantidades en partes por millón (p.p.m) de sulfatos y cloruros, así como el grado de alteración y las observaciones del ataque a las armaduras y al concreto.

Los cloruros producen corrosión a estructuras metálicas, al refuerzo de acero del concreto, etc. La referencia a valores máximos se encuentra en el RNE E-060.


Los resultados de los ensayos de análisis químicos realizados a muestras extraídas de la zona de estudio se presentan en la tabla 5.4 y los registros de ensayos de laboratorio se presentan en el Anexo 2.

**Tabla 5.4. Resumen de ensayo químicos**

IDENTIFICACIÓN	CL (ppm)	SO <sub>4</sub> (ppm)	S.S.T. (ppm)	PROFUNDIDAD (m)
C-01 / M-01	321.21	165.56	652.54	2,00
C-02 / M-01	302.53	170.77	617.86	4,50

Fuente: propia – TISAC 2021

Lo que se resume la exposición a los sulfatos es leve, la exposición a los cloruros es insignificante, vale decir no perjudican al refuerzo del cemento de las estructuras. La concentración de sales solubles es insignificante, por ende, no presentará problemas de lixiviación en las estructuras a cimentar, entonces, se recomienda utilizar Cemento Portland Tipo I, y una Resistencia a la compresión  $f_c = 28$  Mpa. (Requisito para concretos expuestos a sulfatos referidos a la tabla 4.4 de la norma técnica peruana E060).

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

## 6. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

### 6.1 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS DEL SUELO

El perfil estratigráfico típico se definió a partir de los reconocimientos de campo, la descripción visual realizada sobre cada una de las muestras de suelo recuperadas de las calicatas y los resultados de los ensayos de clasificación ejecutados en el laboratorio de suelos.

Se ha definido una zona geotécnica, definidas por las características del suelo una conformada por un suelo arenoso mal graduado, investigadas con las calicatas C-1\* a C-3.

#### ZONA GEOTÉCNICA N°1

- 0,00 – 1.00 m: Estrato 1: Suelo, arena mal graduada.
- 1,00 – 7,00 m: Estrato 2: Grava bien graduada, con presencia de canto rodado (GW)

En la zona de estudio se identificó el siguiente tipo de suelo (ver Tabla 5.1 y Anexos 1).

- Grava mal graduada (GW): Estos se identificaron desde 1,00 m de profundidad aproximadamente hasta una profundidad de 7,00 m, presentado una humedad promedio de 4.20 %. Se caracterizan por presentar un contenido de finos de 4,0%, contenido de arenas de 16,0%; y contenido de grava de 80.0%.

De acuerdo con la información presentada anteriormente, se considera como perfil estratigráfico típico del terreno el mostrado a continuación:


**Tabla 6.1. Perfil estratigráfico típico del terreno**

PROFUNDIDAD (m)	MATERIAL
0,00 a 1,00	Suelo de relleno (SP-Arena mal graduada)
1,00 a 7,00*	Grava bien graduada con canto rodado (GW)

\*Profundidad máxima explorada.

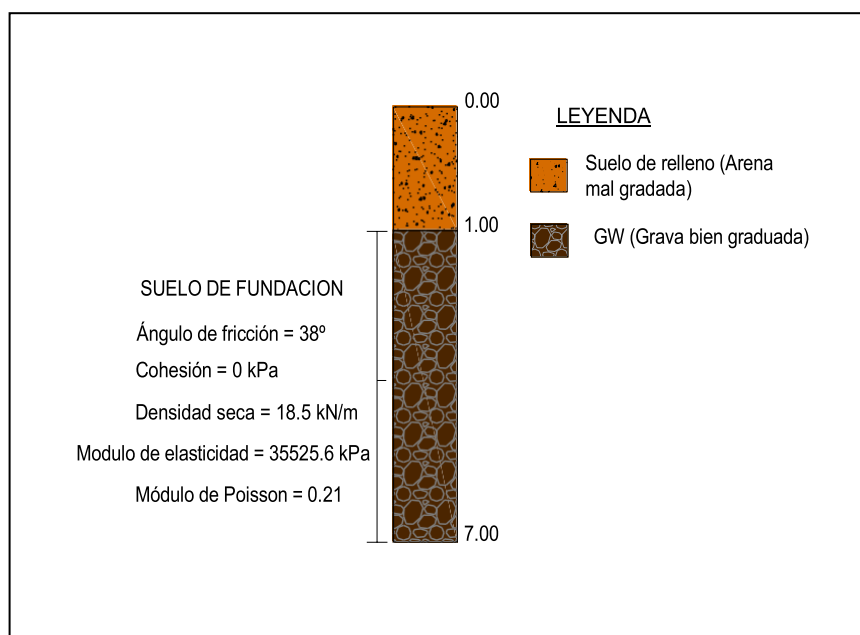
Fuente: TISAC-2021

Este perfil estratigráfico será considerado para los cálculos de la capacidad portante y asentamientos, ver Anexo 3.

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

## 6.2 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

Se proyectó la presencia de cada estrato de la columna estratigráfica representativa en el área de la implantación de la zona de estudio como se muestra en la figura 6.1; adicionalmente, se describió una zona típica de comportamiento geomecánico.



**Figura 6.1. Perfil estratigráfico promedio**

Fuente: TISAC-2021

En la Figura 6.1 se muestra los materiales encontrados con las exploraciones directas. Corresponde a un suelo de relleno (arena mal gradada) que va aproximadamente desde los 0,00 m hasta los 1,00 m y grava bien graduada (GW) desde los 1,00 m hasta los 7,00 m de profundidad (profundidad máxima explorada); con compactación alta.


Los criterios y metodologías de análisis y diseño de las cimentaciones se presentan en el capítulo 8; los resultados de los análisis se muestran en el capítulo 9, en estos se tiene en cuenta de manera general el perfil típico resultante en el área de estudio, por efectos las capacidades de carga y asentamientos de las cimentaciones, estarán estrechamente ligadas a su localización definitiva.

## 6.3 PARÁMETROS ELÁSTICOS

En la teoría de elasticidad de las ondas sísmicas (Kramer, 1996), la velocidad de las ondas P y S se representan en forma de ecuación de movimiento, para un cuerpo elástico isotrópico de la siguiente manera:

$$v_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}, \quad v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$



	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

Donde:

$V_p$ : Velocidad de ondas de compresión  $V_s$ : Velocidad de ondas de corte

$\lambda$ : Constante de Lamé

$\mu$ : Rigidez

$\rho$ : Densidad

Relacionando las velocidades de ondas de corte, ondas de compresión y la densidad de los materiales por donde se propagan las ondas se pueden obtener los siguientes parámetros dinámicos:

Relación de Poisson ( $\nu$ ) :

$$\nu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2(V_p/V_s)^2 - 2}$$

Módulo de Young ( $E_d$ ) :


$$E_d = 2(1 + \nu)G$$

Módulo de Corte ( $G_{m\acute{a}x}$ ) :

$$G_{m\acute{a}x} = \rho V_s^2$$

El Módulo de corte del suelo ( $G$ ) es variable y decrece en función, principalmente, del incremento de las deformaciones de corte en el suelo. El módulo de corte máximo ( $G_{max}$ ) asociado a pequeñas deformaciones, puede ser determinado mediante la velocidad de propagación de las Ondas de Corte ( $V_s$ ), las cuales pueden ser obtenidas in situ mediante ensayos geofísicos. Se ha demostrado que valores de  $G_{m\acute{a}x}$  (o valores de  $E_{m\acute{a}x}$ ) factorados pueden ser de utilidad para evaluar los asentamientos de las cimentaciones (Fahey y Carter, 1993; Mayne, 2001). Sin embargo, debido a que el diseño de las cimentaciones está asociado a cargas últimas que puede soportar el suelo en la falla, donde el rango de deformaciones cortantes son muchos mayores, para estimar el asentamiento de una cimentación partiendo de parámetros elásticos máximos ( $G_{max}$  o valores de  $E_{m\acute{a}x}$ ), éstos deben ser reducidos. Por ejemplo, para el análisis del asentamiento de zapatas y losas de cimentación en arenas es conveniente utilizar el módulo cortante  $G$ , que corresponde a una deformación cortante de  $\gamma = 0.1\%$ . Fahey y Carter (1993) y Mayne (2001) proponen que el valor del módulo de corte  $G$  para una deformación cortante  $\gamma = 0.1\%$ , es equivalente al 20 % del módulo de elasticidad máximo, es decir  $G = 0.2 * G_{max}$ . Al respecto, resultados de ensayos de laboratorio ejecutados para obtener el módulo de corte de suelos gravosos, para una deformación cortante  $\gamma = 0.1\%$ , el módulo de corte está entre 10 % a 20 % del valor del módulo de corte máximo (Araei, 2010), es decir  $G = 0.1 * G_{max}$  a  $0.2 * G_{max}$ .

En las tablas siguientes se muestran los valores de  $G_{m\acute{a}x}$ ,  $E_{m\acute{a}x}$  y  $0.06 * E_{m\acute{a}x}$ , obtenidos mediante las velocidades de ondas de corte ( $V_s$ ) y los valores típicos de módulo de Poisson para suelos, con las cuales se obtiene los valores de velocidad de ondas P ( $V_p$ ) acordes al tipo de material que se encuentra en la zona de estudio. Así como se le ha asignado valores de densidad de 1.81 t/m<sup>3</sup> para el suelo natural.

 <b>TISAC</b> MECANICA DE SUELOS E INGENIERIA GEOTECNICA	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE          CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR          JR. AMERICA 236-240 URB. SAN          BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>		CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
			Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>				

**Tabla 6.2. Cálculo de Parámetros Elásticos (LRF-01 con MASW-01)**

Estratos	Profundidad(m)	Velocidades		Densidad (T/m <sup>3</sup> )	Poisson v	Modulo de Corte Dinámico		Módulo Dinámico E d (T/m <sup>2</sup> )	Emax (Kg/cm <sup>2</sup> )	Emax Kpa	E=0.06*Emax Kpa
		Vp (m/s)	Vs (m/s)			Gd (T/m <sup>2</sup> )	Gd (MPa)				
1	0,00-3.00	500	380	1.79	0.10	26375.1	258.6	58025.2	5920.9	592094.1	35525.6
2	3.00-10.00	820	690	1.81	0.15	87932.8	862.3	202245.3	20637.3	2063727.9	123823.7
3	10.00-20.00	1400	850	2.00	0.21	147449.0	1445.9	356260.6	36353.1	3635311.9	218118.7

Fuente: TISAC-2021


**Tabla 6.3. Clasificación de Sitio (IBC, 2015 – ASCE/SEI 7, 2010)**

Tipo de Suelo	Nombre de Suelo	PROPIEDADES PROMEDIO EN LOS 30 PRIMEROS METROS (ASCE SEI7-10)		
		Velocidad de onda de corte, Vs (m/s)	Resistencia a la penetración estándar, N SPT	Resistencia al corte no drenada, Su (psf)
A	Roca muy dura	$v_s > 1,500$	N/A	N/A
B	Roca	$760 < v_s \leq 1,500$	N/A	N/A
C	Suelo muy denso a roca blanda	$360 < v_s \leq 760$	$N > 50$	$S_u \geq 2,000$
D	Suelo firme	$180 \leq v_s \leq 360$	$15 \leq N \leq 50$	$1,000 \leq S_u \leq 2,000$
E	Material granular medianamente denso	$v_s < 180$	$N < 15$	$S_u < 1,000$
E	-	Cualquier perfil de suelo con más de 3 m de espesor que tenga las siguientes características: Índice de plasticidad (IP) > 20 Contenido de humedad (w) ≥ 40 % y Resistencia al corte no drenada $S_u < 500$ psf		
F	-	Cualquier perfil de suelo que contenga una o más de las siguientes características: Suelos vulnerables a una posible fractura o colapso bajo efecto sísmico, por ejemplo: suelos licuables, arcillas altamente sensibles y suelos débilmente cementados. Turberas y/o arcillas altamente orgánicas (H >3 m de turba y/o arcillas altamente orgánicas, donde H = espesor del suelo) Arcillas de muy alta plasticidad (H >7.6 m con índice de plasticidad IP > 75) Arcillas gruesas suaves a medias (H >36 m)		

Fuente: IBC, 2015 – ASCE/SEI 7, 2010

La velocidad promedio de ondas de corte de acuerdo a la norma ASCE SEI 7, 2010 se determina de la siguiente manera:

$$\bar{v}_S = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{v_{Si}}}$$

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

$d_i$  : Espesor de cada capa entre 0.0 m y 30.0 m

$V_{si}$  : Velocidad de ondas de corte de cada capa (m/s)


De acuerdo a los modelos unidimensionales que se presentan en el Anexo 1.2 Procesamiento de sondajes MASW, se presenta en la tabla 6.4, los resultados de los valores de las velocidades de onda de corte de los 30 primeros metros superficiales ( $V_{s30}$ ) de la zona de estudio.

**Tabla 6.4. Resultado de Velocidades de Ondas de corte**

Sondaje	Profundidad Sub suelo Rigido (m)	$V_{s30}$ (m/s)	Tipo de Suelo
MASW-01	10.00	620.0	Tipo C: Suelo muy denso

Fuente : TISAC-2021

Se concluye que el tipo de Sub suelo mas rigido característico corresponde a un suelo Tipo C, Suelo muy denso, de la Norma ASCE SEI 7, 2010, tal como se aprecia en la tabla.

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

## 7. PARÁMETROS DE RESISTENCIA

Según las exploraciones geotécnicas se han encontrado dos estratos en toda la zona de estudio, en estos estratos se ha calculado con los parámetros del suelo y el macizo rocoso encontrado, los respectivos ángulos de fricción, módulos de elasticidad dinámica y el coeficiente de poisson. Con diferentes modelos analíticos para cada zonageotécnica.

### 7.1.1 Resumen propiedades geomecánicas

Considerando las metodologías y criterios adoptados explicados en el capítulo 7, y los ensayos de laboratorio ejecutados, se estimaron los parámetros geomecánicos que enmarcan la descripción del material (tabla 7.1), el comportamiento del material en términos de resistencia y deformabilidad (Ver Tabla 7.2).

**Tabla 7.1. Propiedades físicas**

MATERIAL	PORCENTAJE DE GRAVAS (%)	PORCENTAJE DE ARENAS (%)	PORCENTAJE DE FINOS (%)	LÍMITE LÍQUIDO LL (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD IP (%)	HUMEDAD NATURAL $\omega_n$ (%)
SP	15.5	80.0	4.50	11,5	N.P	3.50
GW	72.0	24.2	3.80	0,0	NP	5.00


Fuente: TISAC-2021

**Tabla 7.2. Propiedades de resistencia y deformabilidad**

MATERIAL	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	C' (kPa)	$\phi'$	$\mu$	E (kPa)
GW	18.5	0	38	0,21	35525,60

$\gamma_s$ : Peso unitario seco  
C': Intercepto de cohesión  
 $\phi'$ : Ángulo de fricción  
 $\nu$ : Relación de Poisson  
E: Módulo de Elasticidad

Fuente: TISAC-2021

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

## 8. ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN

Se presentan en este numeral los criterios y metodologías para análisis y diseño del proyecto considerando condiciones de funcionamiento de las estructuras tales como capacidades portantes del suelo en condiciones estáticas y dinámicas, asentamientos (elásticos), módulos de reacción y capacidad a la tracción, todo ello, considerando los parámetros geo mecánicos del suelo definidos, junto con las dimensiones y tipo de fundación propias de este tipo de obras.

Como se mencionó, el diseño de las cimentaciones estará condicionado por la zona en la que estas se localicen, considerando cada una con su respectivo perfil estratigráfico resultante luego del movimiento de tierras proyectado.

Con el fin de abarcar un amplio abanico de posibilidades, se presentarán tablas y ábacos donde se resumirán los resultados de los cálculos correspondientes a:

- Capacidad portante admisible.
- Asentamiento inmediato.

Los parámetros de partida de los cálculos geotécnicos que concluyen con las expresiones de la capacidad portante son los factores del ángulo de rozamiento interno del terreno ( $\phi$ ), ángulos de arrancamiento, el ancho del cimiento (B), profundidad de cimentación (D) y densidad del terreno ( $\gamma$ ).

Cuando la suma de las áreas de las zapatas que se requieren para sostener una estructura, excede aproximadamente el 50% de la superficie cubierta por el edificio es preferible en general unir en una placa todos los pilares adoptando la solución que se conoce como losa de cimentación.

Las losas de cimentación se utilizan generalmente cuando:


- Se desea reducir los asientos diferenciales en terrenos heterogéneos
- En un recinto excavado el abrigo de pantallas, se requieren sótanos estancos por debajo del nivel freático.

### 8.1 DISEÑO DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN

Se recomienda una losa de cimentación para este proyecto que no es otra cosa que una zapata grande, y como tal debe satisfacer las exigencias ya conocidas de una cimentación superficial mediante zapatas fundamentalmente estas exigencias son:

- El coeficiente de seguridad frente al hundimiento o rotura del terreno debe ser adecuado. En general no debe ser inferior a 3
- El asiento no debe exceder de una cantidad que sea tolerable por la estructura y que no altere las características funcionales de la construcción.

En la losa de cimentación propuesta indicada la profundidad afectada por las cargas se extiende a una distancia mucho mayor y dentro de la misma, los puntos débiles están distribuidos al azar de modo que sus efectos sobre el asiento del área cargada se contrarrestan parcialmente unos con otros. Por ello la estructura asienta como si el

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

subsuelo cargado fuese casi homogéneo. El asiento no es necesariamente uniforme. Pero adquiere una forma bastante definida en lugar de la errática que en la práctica, se observa en las zapatas

## 8.2 DETERMINACIÓN DEL CANTO CRITERIO DE RIGIDEZ

La principal misión de una losa de cimentación para el proyecto consiste en que distribuya las cargas adecuadamente sobre el terreno, para lo cual es preciso que tenga suficiente rigidez.

Las losas de gran rigidez consiguen asientos muy homogéneos, y el adecuado canto cumplirá la función de repartir las cargas en el terreno.

Se eligirá el canto de la losa en función del número de plantas y el tamaño B de la losa como se indica en la tabla siguiente:

**Tabla 8.1. Espesor de losa**

Nº de Plantas	CANTO (h) DE LAS LOSAS		
	B = 15 m	B= 30 m	B=40m
< 5	0.60	0.80	1.00
5 a 10	0.90	1.20	1.50
10 a 20	1.50	2.00	2.50

Fuente: EHE


Para el proyecto se usará un canto de 1.20 m

## 8.3 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Se presentará la envolvente de capacidad de carga admisible en condiciones estáticas y dinámicas, donde, según el Reglamento Nacional de Construcciones en su Norma E.050 se debe respetar un Factor de seguridad de tres (3,0) para condiciones estáticas y de dos punto cinco (2,5) para condiciones pseudoestáticas considerando cargas de servicio, para todos los efectos se limitan las presiones máximas transmitidas por efectos de resistencia y deformabilidad del suelo. Las capacidades presentadas se limitan a un asentamiento inmediato del tipo elástico con valor de 1" (2,54 cm).

Teniendo en cuenta las restricciones de la normativa, que considera para condiciones dinámicas un factor de seguridad de diseño menor; se deberá interpretar en los ábacos resumen como capacidad de soporte en condiciones dinámicas de las fundaciones un valor un 20% más alto.

Siguiendo los lineamientos de la normativa local, se considerará la evaluación contemplando condición no drenada en aquellos casos donde no se logre disipar la presión de poros obtenida por efectos de aplicación de la carga. Este fenómeno se presenta principalmente en suelos fino granulares saturados.

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

#### 8.4 CIMENTACIONES SUPERFICIALES

Para fallas generalizadas se empleará la ecuación generalizada recomendada por Brinch Hansen (1970). Su formulación tiene las siguientes suposiciones:

- Suelo isotrópico y homogéneo
- La cimentación es finita, aparecen algunos factores no considerados en teorías antecesoras como la de Terzaghi.

La ecuación queda definida como:

$$q_u = \frac{Q_u}{B'L'} = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma \text{ para } \phi > 0$$

$$q_u = \frac{Q_u}{B'L'} = (\pi + 2c) (1 + s'_c + d'_c + i'_c + g'_c + b'_c) \text{ para } \phi = 0$$

Dónde:

- $c$ : Cohesión del suelo
- $q$ : Esfuerzo a la profundidad de desplante
- $\gamma$ : Peso unitario del suelo
- $B$ : Base de la fundación
- $N_c, N_q, N_\gamma$ : Factores de capacidad de carga
- $s_c, s_q, s_\gamma$ : Factores de Forma
- $d_c, d_q, d_\gamma$ : Factores de Profundidad
- $i_c, i_q, i_\gamma$ : Factores de inclinación de carga
- $g_c, g_q, g_\gamma$ : Factores de inclinación del terreno
- $b_c, b_q, b_\gamma$ : Factores de inclinación de la cimentación

A continuación, se presentan las formulaciones para factores de carga y factores de forma y factores de profundidad aplicadas en el proyecto:

- Factores de capacidad de carga:

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

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

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \tan \phi$$

- Factores de forma:

$$s_c = 1,0 + \frac{N_q B'}{N_c L'}$$



**TISAC**  
MECÁNICA DE SUELOS E  
INGENIERÍA GEOTÉCNICA

ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE  
CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR  
JR. AMERICA 236-240 URB. SAN  
BERNARDO- PUEBLO LIBRE

CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01

Revisión: 1

2021-11-27

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS





ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

$$s_q = 1,0 + \frac{B'}{L'} \sin \phi$$

$$s_\gamma = 1,0 - 0,4 \frac{B'}{L'} \geq 0,6$$

- Factores de Profundidad

$$d'_c = 0,4k(\phi = 0^\circ)$$

$$d_c = 1,0 + 0,4k$$

Dónde:

$$k = D/B \text{ para } D/B \leq 1$$

$$k = \tan^{-1}(D/B) \text{ para } D/B > 1$$

$$d_q = 1,0 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k$$

$$d_\gamma = 1,0$$

- Factores de inclinación de carga

$$i'_c = 0,5 - \sqrt{1 - \frac{H_i}{A_f c_a}}$$

$$i_c = i - \frac{1 - i_q}{n_q - 1}$$

$$i_q = \left[ 1 - \frac{0,5H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{\alpha_1}$$

$$2 \leq \alpha_1 \leq 5$$

$$i_q = \left[ 1 - \frac{0,7H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{\alpha_2}$$


$$(0,7 - \eta^\circ / \quad ) H \alpha_2$$


$$i_q = \left[ 1 - \frac{450^\circ i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]$$

$$2 \leq \alpha_2 \leq 5$$

- Factores de inclinación de terreno (base en taludes)

$$g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$$

	ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS			

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \tan \beta)^5$$

- Factores de inclinación de la cimentación

$$b'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ} (\phi = 0)$$

$$b_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ} (\phi > 0)$$

$$b_q = \exp(-2\eta \tan \phi)$$

$\eta$  en radianes

Se debe tener en cuenta que en las losas el ancho B está comprendido generalmente entre 10 y 50 m que por lo que para este rango de valores el ancho B tiene muy poca influencia en la presión admisible determinada por la fórmula de Meyerhof :

$$Q_{adm} = (\text{KN/cm}^2) = 100 \frac{N S(\text{cm})}{30} \left( \frac{B+0.30}{B} \right)^2$$

N: ensayo de SPT


## 8.5 ESTIMACIÓN DE ASENTAMIENTOS

En este numeral se presentan las formulaciones consideradas para la estimación de asentamientos. Como se mencionó los asentamientos han sido limitados a 1" (2,54 cm).

$$s = 2 \frac{4}{3} \delta_S$$

S: Asiento en la losa

$\delta_S$ : Asiento diferencial en zapatas

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

## 9. CAPACIDADES PORTANTES DEL SUELO

Habiendo mencionado las metodologías para el análisis y diseño se resumen las consideraciones particulares evaluadas a la hora de estimar la respuesta mecánica de las fundaciones consideradas nombradas como capacidad de soporte del suelo.

- En primer lugar se consideran Factor de Seguridad para fallas por capacidad de soporte del suelo en condiciones estáticas de 3,0; en condiciones pseudo estáticas se considera un Factor de Seguridad de 2,5; esto conlleva a que los valores de capacidad de soporte para la condición dinámica sean un 20% más alto que los estimados para la condición estática.
- Los asentamientos inmediatos son limitados a un valor de 1" (2,54 cm). Son calculados mediante las metodologías descritas en el numeral anterior.
- La capacidad de soporte del suelo se encuentra limitada al asentamiento máximo descrito con anterioridad; por ende, se contemplan dos limitantes a la capacidad de soporte: la primera por resistencia mecánica del suelo, donde se genera un vencimiento al esfuerzo cortante resistente del suelo por la aplicación de cargas muy altas o dimensiones pequeñas de las fundaciones; y segundo, por asentamientos, si el asentamiento calculado para la carga máxima es superior al asentamiento límite es necesario disminuir la cantidad de presión transmitida al suelo.

### 9.1 ÁBACOS DE RESULTADOS


Cabe anotar que todos los resultados de los análisis y diseños geotécnicos son consignados en el Anexo 3 en forma de ábacos y tablas de fácil interpretación como se muestra a continuación y se propone al diseñador estructural las dimensiones y capacidad estructural a necesitar según los ábacos descritos:

#### CÁLCULO DE CAPACIDAD ADMISIBLE

**Tabla 9.1. Resultado capacidad admisible**

Nº de sótanos	Proyecto Pueblo Libre	
	Profundidad (m)	Qadm (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0.00 m a -3.50 m	3.656
2	-3.50 m a -7.00 m	5.505

Fuente: TISAC-2021


	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

## CALCULO DE ASENTAMIENTOS

**Tabla 9.2. Resultado de cálculo de asentamiento**

Nº de sótanos	Proyecto Pueblo Libre	
	Profundidad (m)	S (cm)
1	0.00 m a -3.50 m	1.640
2	-3.50 m a -7.00 m	2.007

Fuente: TISAC-2021

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

## 10. ESTABILIDAD DE TALUD DE CORTE

### 10.1 EXCAVACIONES EN EL TERRENO

En el análisis estructural se deberá tener en cuenta el valor de las constantes de presiones laterales del suelo tanto activas como pasivas. El esfuerzo vertical a diferentes profundidades ( $z$ ) se calcula usando la formulación “Esfuerzo efectivo equivale a la multiplicación de la densidad por la profundidad” si la masa de suelo en análisis no presenta deformación horizontal el esfuerzo horizontal se calcula así:

$$\sigma_h = K_0 \sigma'_0 = K_0 (\gamma z)$$

Dónde:

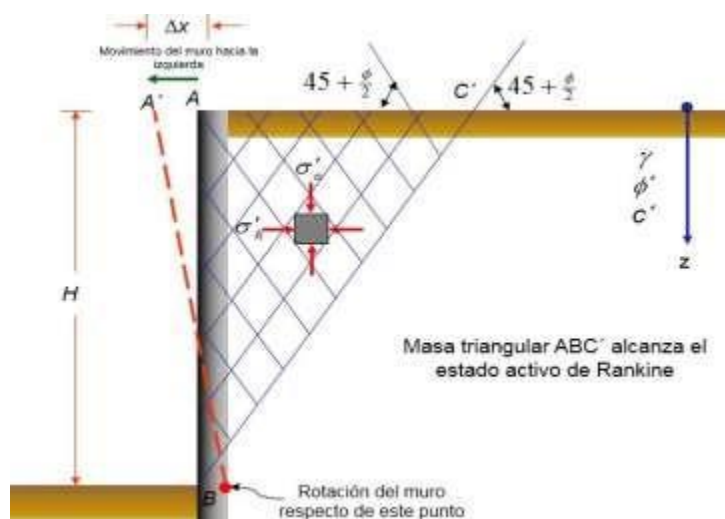
$K_0$  = coeficiente de presión lateral de tierra en reposo.

Para suelos de grano grueso, el coeficiente de presión de tierra en reposo se estima por la relación empírica (Jaky, 1944).

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$

#### Presión Activa


En caso el muro tienda a moverse alejándose del suelo una distancia  $\Delta x$ , como se muestra en la Figura 11.1 se generara una presión activa.



**Figura 10.1. Esquema de la generación de la presión activa.**

El coeficiente de presión activa de Rankine se calcula de la siguiente manera para muros que soportan la presión lateral de un terreno horizontal el cual será el caso del presente proyecto.

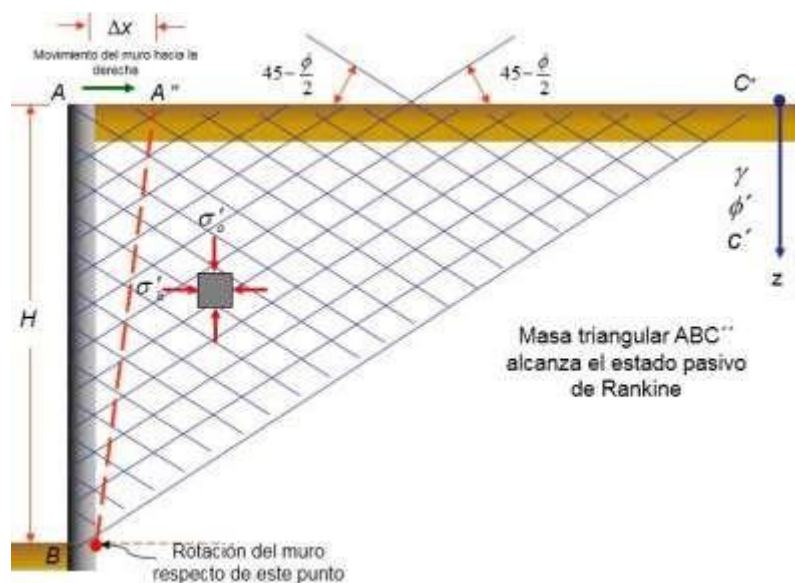
$$K_a = \tan^2(45 - \phi'/2)$$

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

## Presión pasiva

En caso el muro tienda a moverse acercándose al suelo una distancia  $\Delta x$ , como se muestra en la Figura 11.2 se generara una presión pasiva. El coeficiente de presión pasiva de Rankine se calcula de la siguiente manera para muros que soportan la presión lateral de un terreno horizontal el cual será el caso del presente proyecto si se tiene excavaciones masivas.

$$K_p = \tan^2(45 + \phi'/2)$$




**Figura 10.2. Esquema de la generación de la presión pasiva.**

A continuación se presentan los parámetros geotécnicos para el cálculo de empujes, según los estratos definidos en la caracterización geotécnica. El coeficiente de empuje pseudo-estático se calculó para una condición de muros verticales, con inclinación del terreno igual a cero; si estas condiciones cambian, el  $K_a$  debe ser calculado nuevamente.

## 10.2 PROPUESTA DE ESTABILIDAD EN ZONAS DE CORTE

Según el tipo de suelo encontrado en el proyecto, la magnitud de la construcción, el volumen de excavación y las condiciones del terreno se escogerá el método constructivo a aplicar en la obra, tomando las siguientes precauciones en las zonas de estudio.

Se recomienda un muro de contención teniendo en cuenta el empuje activo y pasivo, las profundidades máximas de socavación, se calcularan por las formulaciones, de Fowler 1993, para muros verticales

 <b>TISAC</b> MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE          CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR          JR. AMERICA 236-240 URB. SAN          BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

$$S_{\max}/H_0 = (22,72 h_w/L_0 + 0,25)^{1/2}$$

Siendo:

$S_w$ , La profundidad de socavación;

$H_0$ , La altura de ola en alta mar;

$m$ , La pendiente de la playa;

$L_0$ , La longitud de onda en alta mar;

$h_w$ , La profundidad del agua a pie de la obra;

$D_{50}$ , El tamaño medio de la arena.

**Tabla 10.1. Coeficientes de empuje calculado**

Sondaje	H (m)	h (m)	$\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	$K_a$ (adim)	$K_p$ (adim)	$E_a$ (kg)	$E_p$ (kg/m)
Calicata 02	3.0	1.20	18,1	38.00	0.237	4.203	1937.55	5478.32
	6.0	1.20	18,5	38	0.216	4.619	7207.90	6153.74

Fuente: TISAC 2021

### Estabilización de talud sin protección

Esta metodología solo será aplicada para aquellos cortes cuya altura no sea mayor que la altura crítica calculada en la tabla siguiente, y además que cumpla con las pendientes de taludes de corte que se recomienda en el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, que se detalla.


**Tabla 10.2. Valores referenciales para taludes en corte (relación H: V)**

Clasificación de materiales de corte	Roca fija	Roca suelta	Material			
			Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas	
Altura de corte	< 5 m	1:10	1:6 – 1:4	1:1 – 1:3	1:1	2:1
	5 – 10 m	1:10	1:4 – 1:2	1:1	1:1	*
	> 10 m	1:8	1:2	*	*	*

\* Requerimiento de banquetas y/o estudio de estabilidad

Fuente: Manual de carreteras y diseño Geométrico MTC



	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

## 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 11.1 CONCLUSIONES

#### 11.1.1 GEOLOGÍA

- En el área de estudio a nivel local se ha podido observar geoformas como colinas y laderas con pendientes suaves a moderada.
- Litológicamente, en el área de estudio, está dentro de los depósitos cuaternarios que constan principalmente de gravas con presencia de canto rodado y arenas limosas.
- Estructuralmente no se evidenció fallas tectónicas ni pliegues que puedan afectar la construcción de la futura edificación.
- El problema de peligro geológico interno más importante es la sismicidad, factor que se debe de tomar en cuenta, debido a que es el mayor peligro geológico del país.


#### 11.1.2 GEOTECNIA

- Las exploraciones geotécnicas se contabilizan de la siguiente manera: según las gestiones en campo se realizó 3 excavaciones a cielo abierto o calicatas alcanzando una profundidad máxima de 7,00 m; tenidas en cuenta para la caracterización del perfil estratigráfico del suelo, y ensayos Geofísicos de Refracción sísmica y MASW. A una profundidad de 20.0 metros de exploración
- De las exploraciones geotécnicas en el área de estudio, se observó un perfil del suelo promedio (ZONA 1) con los siguientes estratos: Suelo de relleno (arena mal gradada) desde el nivel de terreno natural hasta la profundidad de 1.00 m, subyacente a este se observa un estrato de grava bien graduada (GW) con una profundidad de 20.0 metros.

En el ítem 6.3 se mencionan los criterios técnicos para el cálculo de los parámetros de resistencia y deformación para el suelo de fundación (GW) del perfil típico tal como se muestra en la figura 6.1 que se mencionan a continuación: ángulo de fricción ( $\phi = 40^\circ$ ), cohesión ( $C=0$  kPa), densidad seca ( $\gamma=18,5$  KN/m<sup>3</sup>), módulo de elasticidad promedio ( $E=35525.6$  kPa) y coeficiente de poisson ( $\mu=0.21$ ).

MATERIAL	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	C' (kPa)	$\phi'$	$\mu$	E (kPa)
GW	18.5	0	40.1	0,21	35525,60

$\gamma_s$ : Peso unitario seco  
 C': Intercepto de cohesión  
 $\phi'$ : Ángulo de fricción  
 $\mu$ : Relación de Poisson

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

E: Módulo de Elasticidad

- El perfil aplicable a la clasificación sísmica del suelo y su parámetro sísmico se presenta en la siguiente tabla:


FACTORES		VALORES
Zona (Z)	Zona 4	0,45
Uso (U)	Edificaciones Comunes C	1,00
Tipo suelo(S)	Suelos Intermedios S2	1,05
Periodos	T <sub>P</sub> (s)	0,60 s
	T <sub>L</sub> (s)	2,00 s

Fuente: propia TISAC 2021

- Lo que se resume la exposición a los sulfatos es leve, la exposición a los cloruros es insignificante, vale decir no perjudican al refuerzo del cemento de las estructuras. La concentración de sales solubles es insignificante, por ende, no presentará problemas de lixiviación en las estructuras a cimentar, entonces, se recomienda utilizar Cemento Portland Tipo I, y una Resistencia a la compresión  $f'c = 28$  Mpa. (Requisito para concretos expuestos a sulfatos referidos a la tabla 4.4 de la norma técnica peruana E060).
- Se recomienda que para el diseño estructural se tenga claridad sobre la localización de las cimentaciones del proyecto, ya que de esta dependerá el comportamiento de resistencia y deformabilidad de su estrato portante (suelo de fundación).
- De acuerdo con los criterios de diseño y especificaciones técnicas, el diseño de cimentaciones presentado en este informe limita los asentamientos elasticos aun valor máximo de 1" (2,54 cm), de manera que las capacidades de carga presentadas para cualquier cimentación en la zonación geotécnica cumplen con esta condición.

### PARÁMETROS PARA LA CIMENTACIONES

- La propuesta es una losa de cimentación esto ayudara a reducir los asientos diferenciales en terrenos con gravas y arenas (GW), como es el suelo de fundación del proyecto.
- Se recomienda que la cimentación contemple una losa de cimentación que consiste en que distribuya las cargas actuantes sobre el terreno para lo cual según los cálculos se necesita que tenga suficiente rigidez, y se consigan asientos muy homogéneos para este tipo de suelo GW con un porcentaje de grava de 70 %, por tal motivo se concluye que el diseño adecuado del canto de la losa este en función al número de plantas y del tamaño B (ancho) de la losa como se indica en la tabla siguiente.


	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

Nº de Plantas	Espesor de la Losa ( m )		
	B = 15 m	B= 30 m	B=40m
< 5	0.60	0.80	1.00
<b>5 a 10</b>	<b>0.90</b>	<b>1.20</b>	<b>1.50</b>
10 a 20	1.50	2.00	2.50

- El método elemental para calcular los esfuerzos a que será sometida la losa y determinar la armadura necesaria, tiene que consistir en que la pieza es una estructura continua sobre la cual actúa la carga de los pilares en la parte superior y que por debajo actuara una carga uniforme distribuida igual al peso total del edificio. El cálculo estructural se debe efectuar utilizando métodos basados en la teoría de losas flotantes.
- Se debe tener en cuenta que las luces entre los pilares no sean muy diferentes y que las cargas no varíen en más de un 50% uno de los pilares a otros si en el edificio habrá zonas de cargas de manera muy desigual la losa debe separarse mediante juntas.
- Finalmente señalar que, en este caso, durante la fase de construcción, deberá comprobarse que los apoyos de la cimentación se llevan a cabo sobre la grava bien graduada (GW) y antes de hacer el llenado de la cimentación realizar una compactación a una densidad no menor del 95 % de la máxima densidad seca del proctor modificado NTP .339.141(ASTM1557) en espesor de 30 cm como mínimo, debido al suelo granular y por estar en una zona sísmica. Si no se realiza esta compactación en este tipo de suelo arenoso gravoso puede reacomodarse las partículas sufriendo asentamientos instantáneos.
- En el caso que la cota de cimentación prevista apareciese materiales fracturados o alterados se deberá bajar la cota de cimentación hasta encontrar materiales sanos.
- Se debe hacer un sistema de drenaje en la cimentación para evitar los asentamientos diferenciales en caso de rotura de líneas de agua cercana por sismo.

### **CAPACIDAD DE CARGA Y PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN**

- Para las capacidades de carga del suelo de fundación se presentan en el ítem 8 y 9 en los ábacos de resultados de las capacidades de carga y asentamiento, para dicho cálculo se ha tenido en cuenta los parámetros del suelo de fundación, con sustento en los ensayos de laboratorio y los ensayos geofísicos.

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

## CÁLCULO DE CAPACIDAD ADMISIBLE

Nº de sótanos	Proyecto Pueblo Libre	
	Profundidad (m)	Qadm (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0.00 m a -3.50 m	3.656
2	-3.50 m a -20.00 m	5.505

## CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS

Nº de sótanos	Proyecto Pueblo Libre	
	Profundidad (m)	S (cm)
1	0.00 m a -3.50 m	1.640
2	-3.50 m a -7.00 m	2.007

## DAÑOS INDUCIDO POR LA EDIFICACIÓN

- Al producirse la excavación para los sótanos se va a descalzar algunas cimentaciones superficiales existentes colindantes, se modificara de manera importante el coeficiente de seguridad frente a la resistencia del terreno, producto de los movimientos horizontales y verticales del terreno inducidos por las propias excavaciones de manera inevitable. La solución consiste en la construcción de tablestacas o de pantallas de concreto armado o batches
- Estas estructuras de contención se caracterizan porque se instalan en el terreno antes de acometer la excavación que servirá como sostenimiento para la construcción de los sótanos, por la profundidad de la excavación es recomendable el arrostramiento con tirantes anclados en el terreno, en la siguiente tabla se resume los empujes producidos por las excavaciones para el diseño de los muros de concreto armado.
- Se recomienda en el proceso constructivo, tomar las precauciones necesarias para proteger las paredes de las excavaciones y cimentaciones en general, mediante entibaciones y/o calzaduras con la finalidad de proteger a los trabajadores y evitar daños a terceros conforme lo indica la Norma E.050. y tener en cuenta los siguientes datos de empuje activo y pasivo para la colocación de un muro de contención.


	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>		CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
			Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>				

Sondaje	H (m)	h (m)	$\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	Ka (adim)	Kp (adim)	Ea (kg)	Ep (kg/m)
Calicata 02	3.0	1.20	18,1	38.00	0.237	4.203	1937.55	5478.32
	7.0	1.20	18,5	38	0.216	4.619	7207.90	6153.74

## ENSAYO GEOFÍSICO

- La evaluación de la refracción sísmica (01 línea sísmica) ha consistido en graficar el perfil tomografico de la superficie del terreno, indicando los puntos de localización de los geófonos y de los disparos (shot). Para cada una de las líneas sísmicas que generaron perfiles sísmicos con valores de velocidad de propagación de ondas de compresión (ondas P) en base a las curvas dromocrónicas calculadas de los registros de llegada de las ondas presentadas en el Anexo 1
- El registro de Ondas sísmicas Vs, desarrollada con la línea sísmica MASW (01 línea sísmica en cada lugar de perforación) ha creado una curva de Dispersión, para el desarrollo de un modelo Unidimensional de onda de corte presentada en el Anexo 1
- Estos dos ensayos geofísicos están documentados en el ítem 3.7 y 3.8, que ha servido para correlacionar las excavaciones y definir los estratos encontrados y verificar las profundidades del subsuelo así como los parámetros elásticos para los cálculos
- 

Línea Geofísica	Estrato	Velocidad de Onda de Compresión ( $V_s$ ) (m/s)	Profundidad (m)
MASW-01	1	380.0	0,00-0,80
	2	510.0	0,80-1.90
	3	650.0	1.90-3.00
	4	800.0	3.00-4.00
	5	950.0	4.00-6.10
	6	1110.0	6.10-8.40
	7	1390.0	8.40-12.40
	8	1630.00	12.40- 20.0

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			


## 11.2 RECOMENDACIONES

- En las labores de construcción, en caso de encontrarse materiales antrópicos, suelo orgánico o con presencia de raíces, deben ser retirados completamente y sustituidos, de acuerdo con lo indicado en la Norma Técnica de Edificaciones E.050, en el Capítulo 4. Acápite 4.3 "Profundidad de Cimentación". Los reemplazos de material deberán cumplir con lo estipulado en el capítulo 21 de la norma previamente mencionada. En caso de requerirse un reemplazo para constituir el estrato portante de una fundación, se deberá recurrir a materiales seleccionados para rellenos controlados, que cumplan las siguientes características:

Si tiene más de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad mayor o igual del 90% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141 (ASTM D 1557), en todo su espesor.


Partículas no mayores de 7,5 (3"), con 30% o menos de material retenido en la malla  $\frac{3}{4}$ " y sin elementos distintos de los suelos naturales.

- En todos los casos deberán realizarse controles de compactación en todas las capas compactadas, a razón necesariamente, de un control por cada 250 m<sup>2</sup> con un mínimo de tres controles por capa. En áreas pequeñas (igual o menores a 25 m<sup>2</sup>) se aceptará un ensayo como mínimo. En cualquier caso, el espesor máximo a controlar será de 0,30 m de espesor.
- Cuando se requiera verificar la compactación de un Relleno Controlado ya construido, este trabajo deberá realizarse mediante cualquiera de los siguientes métodos: a) Un ensayo de Penetración Estándar NTP 339.133 (ASTM D 1586) por cada metro de espesor de Relleno Controlado. El resultado de este ensayo debe ser mayor a  $N_{60} = 25$ , golpes por cada 0,30 m de penetración. b) Un ensayo con Cono de Arena, NTP 339.143 (ASTM D1556) o por medio de métodos nucleares, NTP 339.144 (ASTM D2922), por cada 0,50 m de espesor. Los resultados deberán ser: mayores a 90% de la máxima densidad seca del ensayo Proctor Modificado, si tiene más de 12% de finos; o mayores al 95% de la máxima densidad seca del ensayo Proctor Modificado si tiene igual o menos de 12% de finos."
- Se recomienda en el proceso constructivo, tomar las precauciones necesarias para proteger las paredes de las excavaciones y cimentaciones en general, mediante entibaciones y/o calzaduras con la finalidad de proteger a los trabajadores y evitar daños a terceros conforme lo indica la Norma E.050.
- Debido a las condiciones encontradas en el área de estudio se recomienda utilizar concreto con una resistencia mínima de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .
- Los materiales provenientes de la excavación que no se vayan a retirar inmediatamente, así como los que deban ser acumulados, no reposarán cerca del borde de la excavación, con el fin de evitar sobrecargas que puedan inducir

	ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS			

procesos de inestabilidad. De igual manera, no se deberán estacionar vehículos de ningún tipo cerca de los bordes de ninguna excavación o corona de taludes.


- Los materiales a utilizar en la obra deben ser previamente sometidos a ensayos de laboratorio para aprobación del ente de control técnico en obra. En la etapa de labores constructivas se debe realizar el control de calidad respectivo con ensayos de campo y laboratorio.

	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

## 12. REFERENCIAS


- Luis I. Gonzales de Vallejo, Carlos Oteo (2002), “Ingeniería Geológica”.
- Pedro Ramírez Oyanguren, Leandro Alejandro Monge (2004), “Mecánica de rocas:  
Fundamentos e Ingeniería de Taludes. Madrid- España
- Alva Hurtado J. (1992), “Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones”, Capítulo de Estudiantes ACI-UNI, Lima.
- Valle Rodas, Raúl. “Carreteras, Calles y Aeropistas”. 3ª Edición, Buenos Aires: El Ateneo, Pág. 203.
- Lambe T.W. y Whitman R.V. (1969), “Soil Mechanics”, John Wiley, New York.
- Terzaghi K. y Peck R.B. (1967), “Soil Mechanics in Engineering Practice”, John Wiley, New York.
- Vesic A. (1973), “Análisis de la Capacidad de Carga de Cimentaciones Superficiales”, JSMFED, ASCE, Vol. 99.
- Geotécnica para Ingenieros. Alberto Martínez Vargas, 1990.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica de Edificación E.030.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica de Edificación E.050 “Suelos y Cimentaciones”.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica de Edificación E.060.
- León Arteta, Régulo. “Carbonatos del Suelo: Curso de Diagnóstico de Suelos en Campo”, Consejo Superior de Investigaciones científicas, Madrid.
- AKI, K., 1957: Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors. - Bull. Earthquake Res.
- Astier, J., L. (1975), “Geofísica Aplicada a la Hidrogeología”, PARANINFO, Madrid, España.
- A&E GREX S.A.C., 2011, “Evaluación Geológica-Geotécnica de Grietas Transversales y Grieta Longitudinal entre las Progresivas Km 171 y Km 172, Vía Autopista Cerro Azul – Ica”, Red Vial N.º 6, Departamento de Ica.
- BUILDING SEISMIC SOCIETY COUNCIL (BSSC), 2003: The 2003 NEHRP recommended provisions for new building and other structures, Part 1 (Provisions) and Part II (Commentary).- FEMA368/369, Washington D.C.
- Figuerola, J., C. (1974), “Tratado de Geofísica Aplicada”, LITOPRINT, Madrid.
- HGS Engineering S.A.C., 2011, “Estudio Geofísico Mediante Ensayos de Refracción Sísmica, MASW y Tomografía Eléctrica, Construcción del Depósito



	ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS			

de Relaves Accolla Blanco”. Distrito de Canarias, Provincia de Víctor Fajardo, Departamento de Ayacucho.


- HGS Engineering S.A.C, 2011, “Investigación Geofísica mediante Tomografía Eléctrica, Sondeo Eléctrico Vertical y Levantamiento Topográfico, Zonas de Inestabilidad – Carretera Interoceánica Sur”, entre Urcos y Quincemil”, Departamento del Cusco.
- HGS Engineering S.A.C., 2012, “Evaluación Geológica – Geotécnica Zona Volteador de Vagones”, Proyecto Almacenes Cormin II y Toromocho – Callao.
- Lankston, R. W., “High Resolution Refraction Data Acquisition and Interpretation”, Geo - Compu-Graph, Inc., U.S.A.
- López J., Carlos (2000). Manual de Túneles y Obras Subterráneas. Madrid, España:  
Gráficas Arias Montano S.A.
- Luengo R., Francisco J. y Gonzáles S., Salvador (2004). Definición Racional de Ripabilidad de los Macizos Rocosos. Factores Económicos y Técnicos. Oviedo, España: Unión Española de Explosivos S.A.
- Miller, R. D., Pullan, S.E., Waldner, J. S., Haeni, F. P., (1986), “Field comparison of shallow seismic sources”, Geophysics, Vol. 51, N.º 11, Pag. 2067 – 2092, U.S.A.
- U. S. Army Corps of Engineers, (1995), “Geophysical Exploration for Engineering and Environmental Investigations”, Engineer Manual 1110-1-1802, Washington, U. S. A.
- Weaver J. M. (1975), “Geological Factor Significant in the Assesment of Rippability”. The Civil Engineer in South Africa, Vol. 17, No 12, December 1975.

 <b>TISAC</b> MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA	ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS			



## Índice de Anexos

---


 <b>TISAC</b> MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA	ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS			



# Anexo 1

## Registro de campo

---


	ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS			


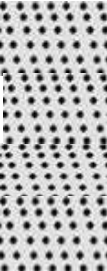






# Anexo 1.1


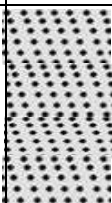
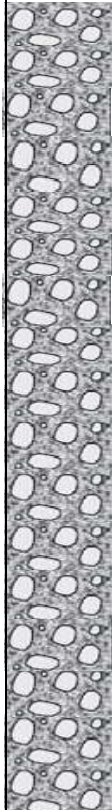



## Registro de Calicatas


---


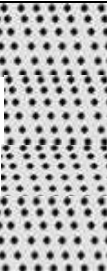




 <b>TISAC</b> MECANICA DE SUELOS E INGENIERIA GEOTECNICA	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE          CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR          JR. AMERICA 236-240 URB. SAN          BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			


 <b>TISAC</b> MECANICA DE SUELOS E INGENIERIA GEOTECNICA www.tupiaingenieros.com		REGISTRO DE CALICATA				C-01	
		DESCRIPCION E IDENTIFICACION DE SUELOS ( PROSEDIMIENTO VISUAL - MANUAL ) NTP 339.150 ( ASTM D 2488 )					
<b>SOLICITADO POR :</b>	HERNAN ENRIQUE LIZA			<b>FECHA DE INICIO</b>	11	11	2021
<b>PROYECTO :</b>	VIVIENDA MULTIFAMILIAR PUEBLO LIBRE			<b>FECHA DE FINAL</b>	11	11	2021
<b>UBICACIÓN :</b>	JR. AMERICA 236-240 PUEBLO LIBRE						
<b>REGISTRO :</b>	CALICATA		<b>REVISADO POR :</b>	TUPIA INGENIEROS SAC			
<b>PROFUNDIDAD (m) :</b>	3.00	<b>Cota (ms.n.m)</b>	<b>COORDENADAS :</b>		<b>NORTE</b>		<b>ESTE</b>
<b>NIVEL FREÁTICO :</b>	N.P	84.00	8664899.00		274949.00		
PROF (m)	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA ALTERADA	HUMEDAD (%)	pH del suelo	
	PERFIL						
	SUCS	SIMBOLO GRAFICO					
1.10	SP		Material antropico (suelo de relleno) conformado por arena mal graduada (SP) de color marron beige, con presencia de raices.	R	2%		
4.00	GW		Suelo conformado por grava bien graduada (GW), 75% grava, 20% arena y 5% finos, con presencia de canto rodado TM de 2 a 10", color marrón oscuro, compacidad alta y humedad media.	M1	4%		
<b>RESPONSABLES DEL REGISTRO</b>			<b>Foto: Panoramica</b>	<b>Foto: Planta</b>			
Registro de Campo (Nombre y cargo):							
Hallo Luis Carrasco - Técnico Responsable							
Aprobado por (Nombre y cargo):							
Msc. Ismael Tupia Mendizábal - Ingeniero Responsable			Actualizado(Rev1): 04.02.2021				

 <b>TISAC</b> MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE          CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR          JR. AMERICA 236-240 URB. SAN          BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

 <b>TISAC</b> MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA <small>www.tupiaingenieros.com</small>		REGISTRO DE CALICATA				<b>C-02</b>		
		DESCRIPCION E IDENTIFICACION DE SUELOS ( PROSEDIMIENTO VISUAL - MANUAL ) NTP 339.150 ( ASTM D 2488 )						
<b>SOLICITADO POR :</b>		HERNAN ENRIQUE LIZA		<b>FECHA DE INICIO</b>		11	11	2021
<b>PROYECTO :</b>		VIVIENDA MULTIFAMILIAR PUEBLO LIBRE		<b>FECHA DE FINAL</b>		11	11	2021
<b>UBICACIÓN :</b>		JR. AMERICA 236-240 PUEBLO LIBRE						
<b>REGISTRO :</b>		CALICATA		<b>REVISADO POR :</b>		TUPIA INGENIEROS SAC		
<b>PROFUNDIDAD (m) :</b>		6.00		<b>COORDENADAS :</b>		<b>NORTE</b>		<b>ESTE</b>
<b>NIVEL FREÁTICO :</b>		N.P		84.00		8664893.00		274945.00
PROF (m)	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA ALTERADA	HUMEDAD (%)	pH del suelo		
	SUCS	SIMBOLO GRAFICO						
1.20	SP		Material antropico (suelo de relleno) conformado por arena mal graduada (SP) de color marrón beige, con presencia de raíces.	R	2%			
7.00	GW		Suelo conformado por grava bien graduada (GW), 80% grava, 18% arena y 2% finos, con presencia de canto rodado TM de 2 a 10", color marrón oscuro, compacidad alta y humedad media.	M1	5%			
<b>RESPONSABLES DEL REGISTRO</b>				<b>Foto: Panorámica</b>		<b>Foto: Planta</b>		
Registro de Campo (Nombre y cargo):								
Hallo Luis Carrasco - Técnico Responsable								
Aprobado por (Nombre y cargo):								
<b>Msc. Ismael Tupia Mendizábal - Ingeniero Responsable</b> 								
Actualizado(Rev1): 04.02.2021								

 <b>TISAC</b> MECANICA DE SUELOS E INGENIERIA GEOTECNICA	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE          CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR          JR. AMERICA 236-240 URB. SAN          BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

		REGISTRO DE CALICATA				C-03		
		DESCRIPCION E IDENTIFICACION DE SUELOS ( PROSEDIMIENTO VISUAL - MANUAL ) NTP 339.150 ( ASTM D 2488 )						
<b>SOLICITADO POR :</b>		HERNAN ENRIQUE LIZA		<b>FECHA DE INICIO</b>		11	11	2021
<b>PROYECTO :</b>		VIVIENDA MULTIFAMILIAR PUEBLO LIBRE		<b>FECHA DE FINAL</b>		11	11	2021
<b>UBICACIÓN :</b>		JR. AMERICA 236-240 PUEBLO LIBRE						
<b>REGISTRO :</b>		CALICATA		<b>REVISADO POR :</b>		TUPIA INGENIEROS SAC		
<b>PROFUNDIDAD (m) :</b>		3.00	<b>Cota (ms.n.m)</b>	<b>COORDENADAS :</b>		<b>NORTE</b>		<b>ESTE</b>
<b>NIVEL FREÁTICO :</b>		N.P	84.00			8664889.00		274942.00
PROF (m)	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA ALTERADA	HUMEDAD (%)	pH del suelo		
	PERFIL							
	SUCS	SIMBOLO GRAFICO						
	SP		Material antropico (suelo de relleno) conformado por arena mal graduada (SP) de color marron beige, con presencia de raices.	R	2%			
1.00								
	GW		Suelo conformado por grava bien graduada (GW), 70% gravas, 25% arena y 5% de finos, con presencia de canto rodado TM de 2 a 10", color marrón oscuro, compacidad alta y humedad media.	M1	4%			
4.00								
<b>RESPONSABLES DEL REGISTRO</b>				<b>Foto: Panorámica</b>		<b>Foto: Planta</b>		
Registro de Campo (Nombre y cargo):								
Hallo Luis Carrasco - Técnico Responsable								
Aprobado por (Nombre y cargo):								
<b>Msc. Ismael Tupia Mendizábal - Ingeniero Responsable</b> 								
Actualizado(Rev1): 04.02.2021								

 <b>TISAC</b> MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA	ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS			




# Anexo 1.2

## Ensayo Cono de Arena

---



 <b>TISAC</b> MECANICA DE SUELOS E INGENIERIA GEOTECNICA	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE          CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR          JR. AMERICA 236-240 URB. SAN          BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			



### ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

**ENSAYO DE CONO DE ARENA  
 (ASTM D1556 - D2216 NTP 339.143 )**

<b>INFORME</b>	: ESTUDIO SE SUELOS		
<b>SOLICITANTE</b>	: HERNAN ENRIQUE LIZA		
<b>PROYECTO</b>	: VIVIENDA MULTIFAMILIAR PUEBLO LIBRE		
<b>UBICACION</b>	: JR. AMERICA 236-240 PUEBLO LIBRE		C-01
<b>FECHA</b>	: 09/11/2021	<b>PROF.</b>	: 2,00 m

**DATOS DE LABORATORIO :**

DENSIDAD DE ARENA EMPLEADA	: 1.52	gr / cm3.
PESO DE ARENA EN CONO METALICO	: 1616.00	gr.

**DATOS DE CAMPO :**

PESO DE FRASCO + CONO (ANTES DE USAR)	: 5776.00	gr.
PESO DE FRASCO + CONO (DESPUES DE USAR)	: 1852.20	gr.
PESO DE ARENA USADA ( HOYO + CONO )	: 3923.80	gr.
PESO DE ARENA EN AGUJERO	: 2307.80	gr.
VOLUMEN DEL HOYO	: 1518.29	cm3.

**DATOS DE LABORATORIO :**

**Suelo humedo: suelo extraido del agujero en estado natural**  
**Suelo Seco : suelo extraido del agujero secado al horno**

PESO DE RECIPIENTE	: 4.00	gr.
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	: 2912.50	gr.
PESO DEL SUELO HUMEDO	: 2908.50	gr.
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	: 2815.50	gr.
PESO DEL SUELO SECO	: 2811.50	gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD %	: 3.45	%

**DENSIDAD DE SUELO**

DENSIDAD HUMEDA ( Densidad Saturada)	: 1.92	gr / cm3.
DENSIDAD SECA (Peso Especifico)	: 1.85	gr / cm3.

Responsable Laboratorio:

Responsable Campo :




  
 ISMAEL TUPIA MENDIZABAL  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 86618

InG. ISMAEL TUPIA MENDIZABAL

HALLO LUIS CARRASCO VILLANUEVA

Actualizado ( Rev1): 24.01.21

 <b>TISAC</b> MECANICA DE SUELOS E INGENIERIA GEOTECNICA	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE          CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR          JR. AMERICA 236-240 URB. SAN          BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			



## ACTA DE RESULTADO DE ENSAYOS

### ENSAYO DE CONO DE ARENA (ASTM D1556 - D2216 NTP 339.143 )

<b>INFORME</b>	: ESTUDIO SE SUELOS		
<b>SOLICITANTE</b>	: HERNAN ENRIQUE LIZA		
<b>PROYECTO</b>	: VIVIENDA MULTIFAMILIAR PUEBLO LIBRE		
<b>UBICACION</b>	: JR. AMERICA 236-240 PUEBLO LIBRE		C-02
<b>FECHA</b>	: 10/11/2021	<b>PROF.</b>	: 4,00 m

#### DATOS DE LABORATORIO :

DENSIDAD DE ARENA EMPLEADA	: 1.52	gr / cm3.
PESO DE ARENA EN CONO METALICO	: 1616.00	gr.

#### DATOS DE CAMPO :

PESO DE FRASCO + CONO (ANTES DE USAR)	: 5812.40	gr.
PESO DE FRASCO + CONO (DESPUES DE USAR)	: 1921.45	gr.
PESO DE ARENA USADA ( HOYO + CONO )	: 3890.95	gr.
PESO DE ARENA EN AGUJERO	: 2274.95	gr.
VOLUMEN DEL HOYO	: 1496.68	cm3.

#### DATOS DE LABORATORIO :

**Suelo humedo:** suelo extraido del agujero en estado natural  
**Suelo Seco :** suelo extraido del agujero secado al horno

PESO DE RECIPIENTE	: 4.00	gr.
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	: 2975.20	gr.
PESO DEL SUELO HUMEDO	: 2971.20	gr.
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	: 2828.60	gr.
PESO DEL SUELO SECO	: 2844.50	gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD %	: 4.45	%

#### DENSIDAD DE SUELO

DENSIDAD HUMEDA ( Densidad Saturada)	: 1.99	gr / cm3.
DENSIDAD SECA (Peso Especifico)	: 1.90	gr / cm3.

Responsable Laboratorio:

Responsable Campo :




  
 ISMAEL A. TUPIA MENDIZABAL  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 86618

InG. ISMAEL TUPIA MENDIZABAL

HALLO LUIS CARRASCO VILLANUEVA

Actualizado ( Rev1): 24.01.21


	ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS			



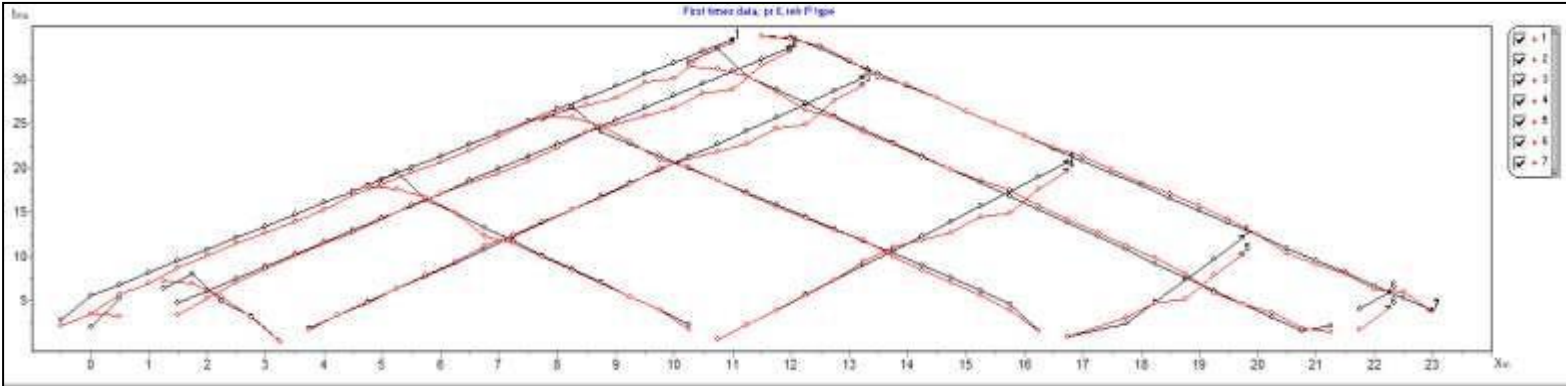
## Anexo 1.3

# Ensayo Sísmicos (LRF – MASW)

---

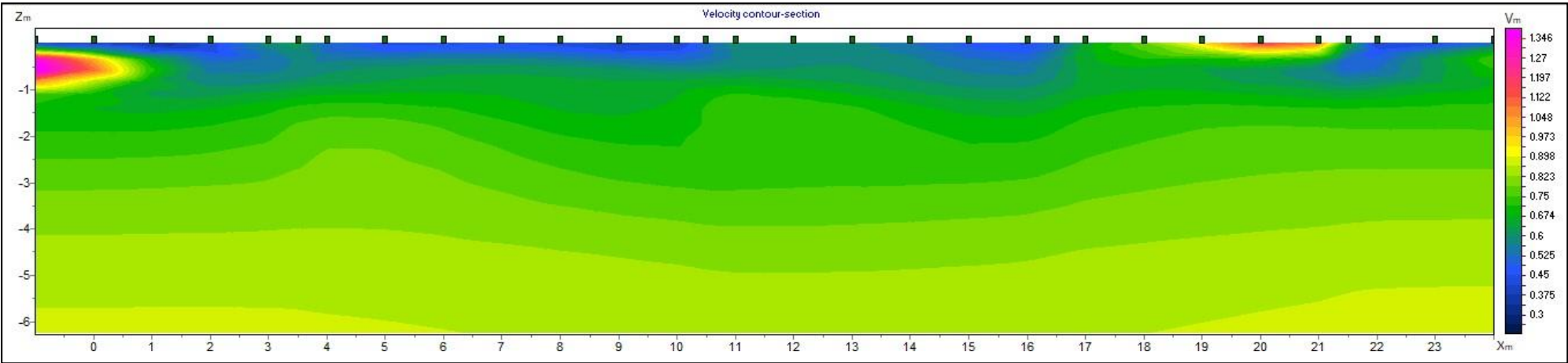
	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR</b> <b>JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

**CALCULO DE DROMOCRONICAS**



Profundidad (m)	Vp (m/s)
70.0	0,00-0,30
240.0	0,30-2.20
510.0	2.20-6.00
980.0	6.00-11.10
1250.0	11.10-12.40
2110.0	12.40-20.00

**PERFIL SISMICO (Vp)**





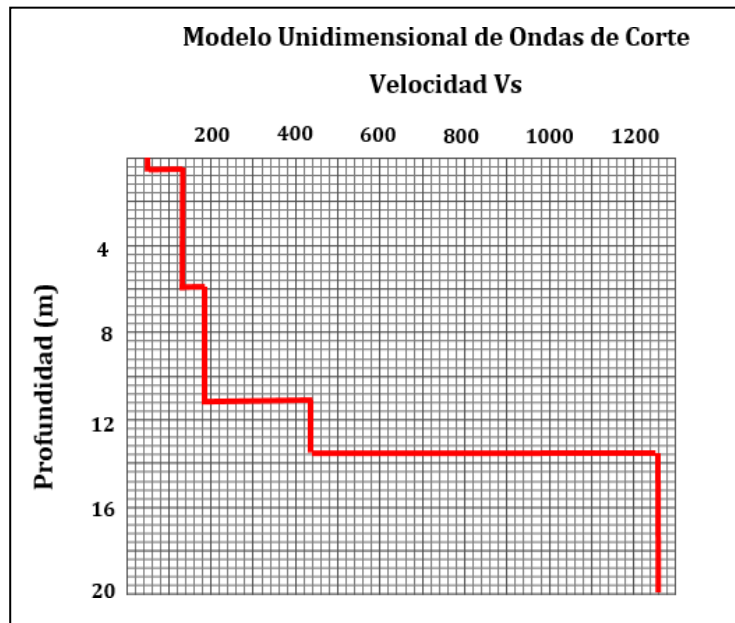
ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE  
 CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR  
 JR. AMERICA 236-240 URB. SAN  
 BERNARDO- PUEBLO LIBRE

CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01

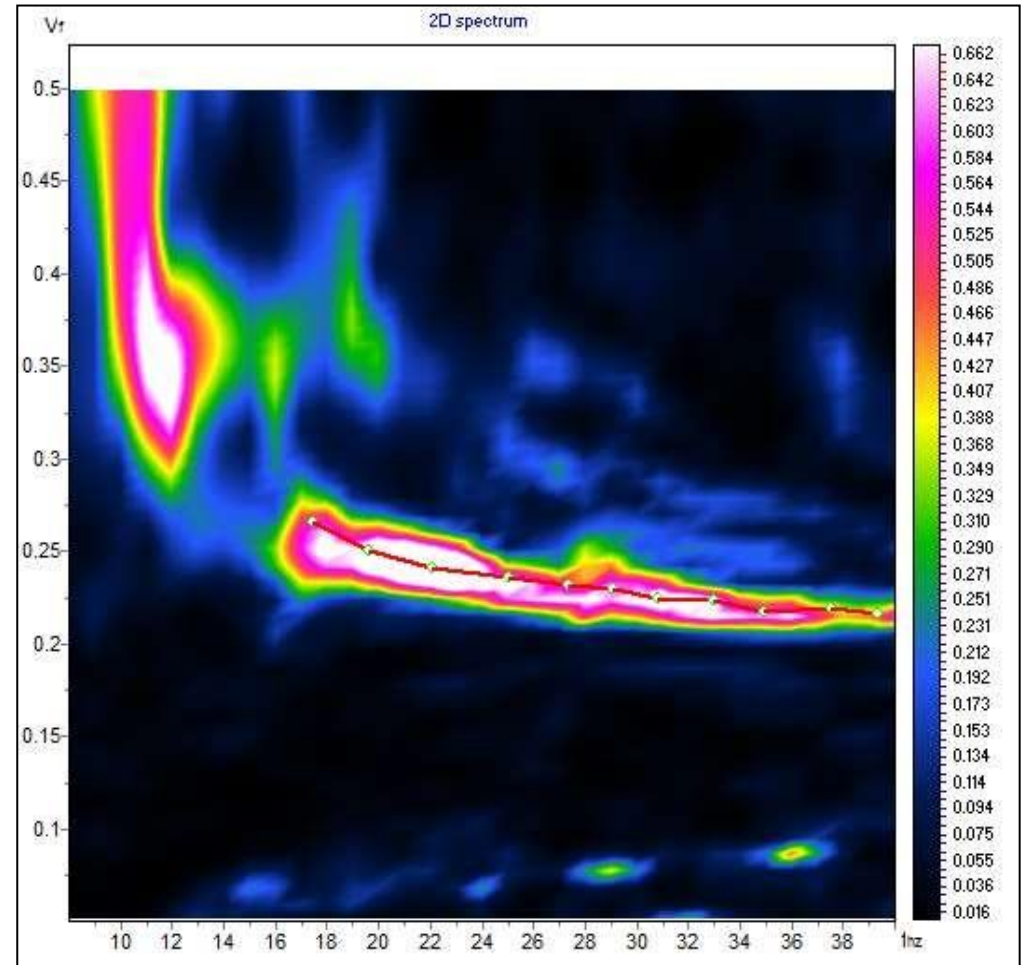
Revisión: 1


2021-11-27

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



Profundidad (m)	Vs (m/s)
380	0,00-0,80
510	0,80-1,90
650	1,90-3,00
800	3,00-4,00
950	4,00-6,10
1110	6,10-8,40
1390	8,40-12,40
1630	12,40-17,50



 <b>TISAC</b> MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE          CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR          JR. AMERICA 236-240 URB. SAN          BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			



**TUPIA INGENIEROS SAC**  
 MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA  
[www.tupiaingenieros.com](http://www.tupiaingenieros.com)

### DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DINAMICOS

**PROYECTO** : VIVIENDA MULTIFAMILIAR PUEBLO LIBRE


**UBICACIÓN** : JR. AMERICA 236-240 PUEBLO LIBRE

**REALIZADO** : ING. TUPIA MENDIZABAL ISMAEL

**FECHA** : 15-11-2021

#### MASW 1 / LRF-1

Estratos	Profundidad(m)	Velocidades		Densidad (T/m <sup>3</sup> )	Poisson v	Modulo de Corte Dinámico		Módulo Dinámico E d (T/m <sup>2</sup> )	Emax (Kg/cm <sup>2</sup> )	Emax Kpa	E=0.06*Emax Kpa
		Vp (m/s)	Vs (m/s)			Gd (T/m <sup>2</sup> )	Gd (MPa)				
1	0,00-3.00	500	380	1.79	0.10	26375.1	258.6	58025.2	5920.9	592094.1	35525.6
2	3.00-10.00	820	690	1.81	0.15	87932.8	862.3	202245.3	20637.3	2063727.9	123823.7
3	10.00-20.00	1400	850	2.00	0.21	147449.0	1445.9	356260.6	36353.1	3635311.9	218118.7


 <b>TISAC</b> MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA	ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS			



# Anexo 2

## Ensayos de Laboratorio

---

 <b>TISAC</b> MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA	ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS			



## Anexo 2.1

# Ensayos de Análisis granulométrico

---





**ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE  
CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR  
JR. AMERICA 236-240 URB. SAN  
BERNARDO- PUEBLO LIBRE**

CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01

Revisión: 1

2021-11-27

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**LABORATORIO DE GEOTECNIA**



**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION**

(ASTM D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)

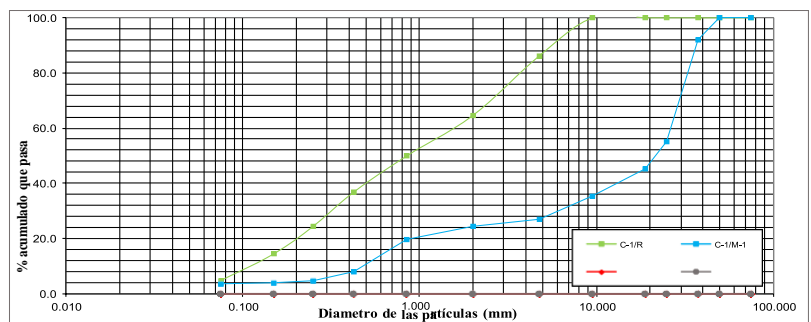
<b>SOLICITADO POR</b>	: HERNAN ENRIQUE LIZA	<b>FECHA DE TOMA</b>	: 09/11/2021
<b>PROYECTO</b>	: VIVIENDA MULTIFAMILIAR PUEBLO LIBRE	<b>PROFUNDIDAD</b>	: Variable
<b>UBICACION</b>	: JR. AMERICA 236-240 PUEBLO LIBRE	<b>REVISADO POR</b>	: Msc. Ing ISMAEL TUPIA MENDIZABAL

**ANALISIS GRANULOMÉTRICO-CURVA GRANULOMÉTRICA (ASTM D 422)**

**RESUMEN DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO**

<b>Sondaje</b>	C-1	C-1		
<b>Muestra</b>	R	M-1		
<b>Profundidad (m)</b>	0.00-1.10	1.10-3.00		
<b>Tamiz (mm)</b>	<b>% Pasa</b>			
75.000	100.0	100.0		
50.000	100.0	100.0		
37.500	100.0	92.1		
25.000	100.0	55.2		
19.000	100.0	45.3		
9.500	100.0	35.4		
4.750	86.1	26.9		
2.000	64.5	24.3		
0.850	50.0	19.5		
0.425	36.8	7.9		
0.250	24.4	4.5		
0.150	14.4	3.9		
0.075	4.7	3.6		

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)**

<b>Sondaje</b>	C-1	C-1		
<b>Muestra</b>	R	M-1		
<b>C.H. (%)</b>	3.5	4.4		

**DETERMINACION DE LIM. LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D4318)**

<b>Sondaje</b>	C-1	C-1		
<b>Muestra</b>	R	M-1		
<b>L.L. (%)</b>	11.0	0.0		
<b>L.P. (%)</b>	0.00	0.00		
<b>I.P. (%)</b>	11.00	0.00		

**CLASIFICACION DE SUELOS TIPO SUCS y AASHTO (ASTM D2487 y ASTM D3282)**

<b>Sondaje</b>	C-1	C-1		
<b>Muestra</b>	R	M-1		
<b>Clasificación AASHTO</b>	A-2-6 (0)	A-1-a (1)		
<b>Clasificación SUCS</b>	SP	GW		
<b>GRAVA (%)</b>	13.9	73.1		
<b>ARENA (%)</b>	81.4	23.2		
<b>FINOS (%)</b>	4.7	3.6		


**OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES**

Muestra recogida por nuestro laboratorio.  
Bolsas de polietileno

Actualización 2/08/2020



Tupia Ingenieros S.A.C. / Av. Malecón Bertolotti N°590 - San Miguel - Lima - Perú Ver2020

 <b>TISAC</b> MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE          CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR          JR. AMERICA 236-240 URB. SAN          BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

**LABORATORIO DE GEOTECNIA**

**TISAC**  
www.tupiaingenieros.com



**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION**

(ASTM D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)

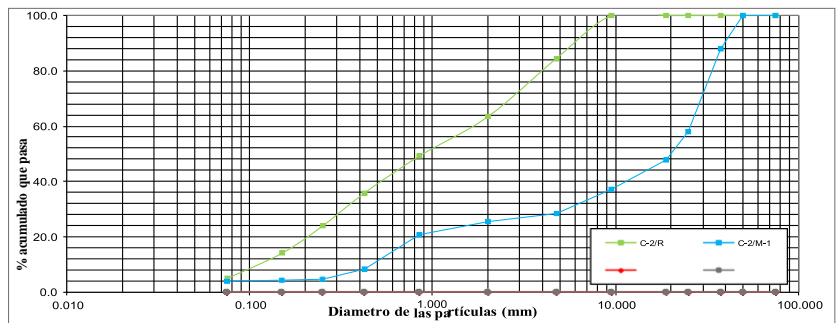
<b>SOLICITADO POR</b> :	HERNAN ENRIQUE LIZA	<b>FECHA DE TOMA</b> :	11/11/2021
<b>PROYECTO</b> :	VIVIENDA MULTIFAMILIAR PUEBLO LIBRE	<b>PROFUNDIDAD</b> :	VARIABLE
<b>UBICACION</b> :	JR. AMERICA 236-240 PUEBLO LIBRE	<b>REVISADO POR</b> :	Msc. Ing ISMAEL TUPIA MENDIZABAL

**ANALISIS GRANULOMÉTRICO-CURVA GRANULOMÉTRICA (ASTM D 422)**

**RESUMEN DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO**

Sondaje	C-2	C-2		
Muestra	R	M-1		
Profundidad (m)	0.00-1.20	1.20-6.00		
Tamiz (mm)	% Pasa			
75.000	100.0	100.0		
50.000	100.0	100.0		
37.500	100.0	88.0		
25.000	100.0	58.2		
19.000	100.0	47.7		
9.500	100.0	37.3		
4.750	84.5	28.3		
2.000	63.3	25.6		
0.850	49.2	20.5		
0.425	35.8	8.3		
0.250	23.8	4.7		
0.150	14.0	4.2		
0.075	4.8	3.8		

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)**

Sondaje	C-2	C-2		
Muestra	R	M-1		
C.H. (%)	4.0	5.8		

**DETERMINACION DE LIM. LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D4318)**

Sondaje	C-2	C-2		
Muestra	R	M-1		
L.L. (%)	12.1	0.0		
L.P. (%)	0.00	0.00		
I.P. (%)	12.10	0.00		

**CLASIFICACION DE SUELOS TIPO SUCS y AASHTO (ASTM D2487 y ASTM D3282)**

Sondaje	C-2	C-2		
Muestra	R	M-1		
Clasificación AASHTO	A-2-6 (0)	A-1-a (1)		
Clasificación SUCS	SP	GW		
GRAVA (%)	15.5	71.7		
ARENA (%)	79.7	24.5		
FINOS (%)	4.8	3.8		

**OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES**

Muestra recogida por nuestro laboratorio.  
Bolsas de polietileno

Actualización 2/08/2020



Tupia Ingenieros S.A.C. / Av. Malecón Bertoloto N°590 - San Miguel - Lima - Perú - Ver 2020



ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LABORATORIO DE GEOTECNIA



ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION

(ASTM D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)

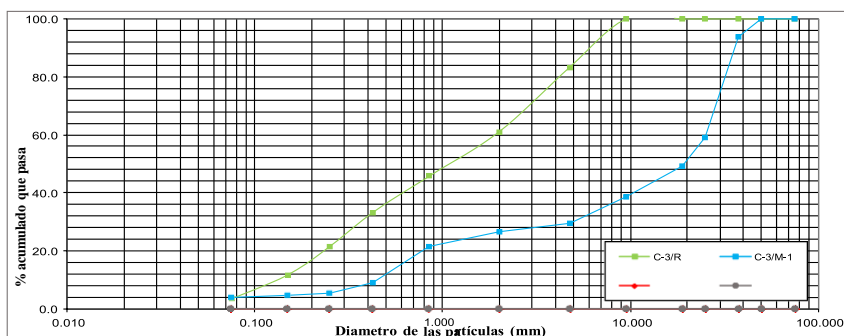
<b>SOLICITADO POR</b>	: HERNAN ENRIQUE LIZA	<b>FECHA DE TOMA</b>	: 11/11/2021
<b>PROYECTO</b>	: VIVIENDA MULTIFAMILIAR PUEBLO LIBRE	<b>PROFUNDIDAD</b>	: Variable
<b>UBICACION</b>	: JR. AMERICA 236-240 PUEBLO LIBRE	<b>REVISADO POR</b>	: Msc. Ing ISMAEL TUPIA MENDIZABAL

ANALISIS GRANULOMÉTRICO-CURVA GRANULOMÉTRICA (ASTM D 422)

RESUMEN DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO

Sondaje	C-3	C-3		
Muestra	R	M-1		
Profundidad (m)	0.00-1.00	1.00-3.00		
Tamiz (mm)	% Pasa			
75.000	100.0	100.0		
50.000	100.0	100.0		
37.500	100.0	93.9		
25.000	100.0	59.0		
19.000	100.0	49.2		
9.500	100.0	38.6		
4.750	83.3	29.5		
2.000	61.1	26.4		
0.850	45.8	21.3		
0.425	33.2	8.8		
0.250	21.4	5.2		
0.150	11.7	4.6		
0.075	3.3	3.9		

CURVA GRANULOMÉTRICA



DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

Sondaje	C-3	C-3		
Muestra	R	M-1		
C.H. (%)	3.0	4.7		

CLASIFICACION DE SUELOS TIPO SUCS y AASHTO (ASTM D2487 y ASTM D3282)

Sondaje	C-3	C-3		
Muestra	R	M-1		
Clasificación AASHTO	A-2-6 (0)	A-1-a (1)		
Clasificación SUCS	SP	GW		
GRAVA (%)	16.7	70.5		
ARENA (%)	80.0	25.6		
FINOS (%)	3.3	3.9		

DETERMINACION DE LIM. LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D4318)


Sondaje	C-3	C-3		
Muestra	R	M-1		
L.L. (%)	11.5	0.0		
L.P. (%)	0.00	0.00		
I.P. (%)	11.50	0.00		

OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES

Muestra recogida por nuestro laboratorio.  
Bolsas de polietileno

Actualización 2/08/2020




	ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS			



## Anexo 2.2

# Ensayos de Análisis Químicos

---

 <b>TISAC</b> MECANICA DE SUELOS E INGENIERIA GEOTECNICA	<b>ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE          CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR          JR. AMERICA 236-240 URB. SAN          BERNARDO- PUEBLO LIBRE</b>	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			

**LABORATORIO DE GEOTECNIA**

**TISAC**



www.tupiaingenieros.com

### ENSAYOS DE SUELOS Y SALES

Cloruro Soluble: Determ. de cloruros solubles en suelos yagua subterránea - NTP339.177 - 2002  
 Sulfato Soluble: Determ. de sulfatos solubles en suelos yagua subterránea - NTP339.178 - 2002

<b>SOLICITADO</b>	: HERNAN ENRIQUE LIZA	<b>FECHA</b>	15/11/2021
<b>PROYECTO</b>	: VIVIENDA MULTIFAMILIAR PUEBLO LIBRE	<b>PROFUNDIDAD</b>	VARIABLE
<b>UBICACIÓN</b>	: PUEBLO LIBRE N° 236, 240 - LIMA	<b>REVISADO POR</b>	ING. ISMAEL TUPIA MENDIABAL

Sondaje	C-01	C-02
Muestra	M1	M1
Profundidad (m)	2.00	4.50
Ph	7.51	7.49
Cl ( ppm)	321.21	302.53
SO4 (ppm)	165.56	170.77
sales solubles totales ( ppm)	652.54	617.86


**OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES**

Datos recogidos in-situ por el personal de nuestra empresa, TISAC.



Actualización (Rev1): 04.02.2021

Tupia Ingenieros S.A.C. / Av. Malecón Bertoloto

 <b>TISAC</b> MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA	ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS			



## Anexo 2.3

# Ensayo de Corte Directo

---



**TISAC**  
MECANICA DE SUELOS E  
INGENIERIA GEOTECNICA

ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE  
CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR  
JR. AMERICA 236-240 URB. SAN  
BERNARDO- PUEBLO LIBRE

CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01

Revisión: 1

2021-11-27

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LABORATORIO DE GEOTECNIA

**TISAC**

MECANICA DE SUELOS E  
INGENIERIA GEOTECNICA  
www.tuptaingenieros.com



ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
( NORMA ASTM D3080 )

INFORME N° : Fecha : 2021-11-15  
SOLICITANTE : HERNAN ENRIQUE LIZA  
PROYECTO : VIVIENDA MULTIFAMILIAR PUEBLO LIBRE  
UBICACIÓN : JR. AMERICA 236-240 PUEBLO LIBRE  
SONDAJE : C - 02 VELOCIDAD : 0.25 mm/min  
MUESTRA : M1 AASHTO :  
PROFUNDIDAD (m) : 4.5 S U C S : GW // Grava bien graduada  
ESTADO : alterado

Esfuerzo Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5 kg/cm <sup>2</sup>		1 kg/cm <sup>2</sup>		2 kg/cm <sup>2</sup>	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Etapa						
Altura (cm)	1.99	1.96	1.98	2.00	1.99	2.00
Diametro (cm)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Humedad (%)	14.71	14.40	15.21	14.98	14.95	14.94
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.58	1.61	1.46	1.48	1.51	1.55

0.5 kg/cm <sup>2</sup>			1 kg/cm <sup>2</sup>			2 kg/cm <sup>2</sup>		
Deformación (%)	Esf. de corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf uezo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf uezo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf uezo Normaliz.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.06	0.11	0.05	0.20	0.20	0.05	0.30	0.15
0.10	0.13	0.26	0.10	0.29	0.29	0.10	0.40	0.20
0.20	0.24	0.48	0.20	0.40	0.40	0.20	0.57	0.29
0.35	0.34	0.68	0.35	0.52	0.52	0.35	0.77	0.39
0.50	0.41	0.83	0.50	0.62	0.62	0.50	0.90	0.45
0.75	0.54	1.09	0.75	0.74	0.74	0.75	1.09	0.54
1.00	0.60	1.25	1.00	0.84	0.84	1.00	1.22	0.61
1.25	0.70	1.40	1.25	0.92	0.92	1.25	1.35	0.68
1.50	0.76	1.53	1.50	1.00	1.00	1.50	1.46	0.73
1.75	0.82	1.64	1.75	1.07	1.07	1.75	1.61	0.81
2.00	0.86	1.71	2.00	1.12	1.12	2.00	1.71	0.86
2.50	0.90	1.80	2.50	1.19	1.19	2.50	1.78	0.89
3.00	0.85	1.69	3.00	1.20	1.20	3.00	1.77	0.88
3.50	0.73	1.45	3.50	1.10	1.10	3.50	1.75	0.87
4.00	0.67	1.34	4.00	1.06	1.06	4.00	1.74	0.87
4.50	0.65	1.31	4.50	1.03	1.03	4.50	1.73	0.86
5.00	0.63	1.27	5.00	1.00	1.00	5.00	1.70	0.85
6.00	0.62	1.23	6.00	0.96	0.96	6.00	1.67	0.83
7.00	0.61	1.21	7.00	0.92	0.92	7.00	1.64	0.82
8.00	0.58	1.16	8.00	0.91	0.91	8.00	1.62	0.81
9.00	0.55	1.10	9.00	0.89	0.89	9.00	1.59	0.80
10.00	0.55	1.10	10.00	0.89	0.89	10.00	1.58	0.79
11.00	0.55	1.10	11.00	0.89	0.89	11.00	1.58	0.79
12.00	0.55	1.10	12.00	0.89	0.89	12.00	1.58	0.79

Observaciones: La muestra ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

Tupia Ingenieros S.A.C. / Av. Universitaria N° 5964 - Comas - Lima - Perú  
Ver2021



**TISAC**  
MECANICA DE SUELOS E  
INGENIERIA GEOTECNICA

ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE  
CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR  
JR. AMERICA 236-240 URB. SAN  
BERNARDO- PUEBLO LIBRE

CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01

Revisión: 1

2021-11-27

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LABORATORIO DE GEOTECNIA

**TISAC**

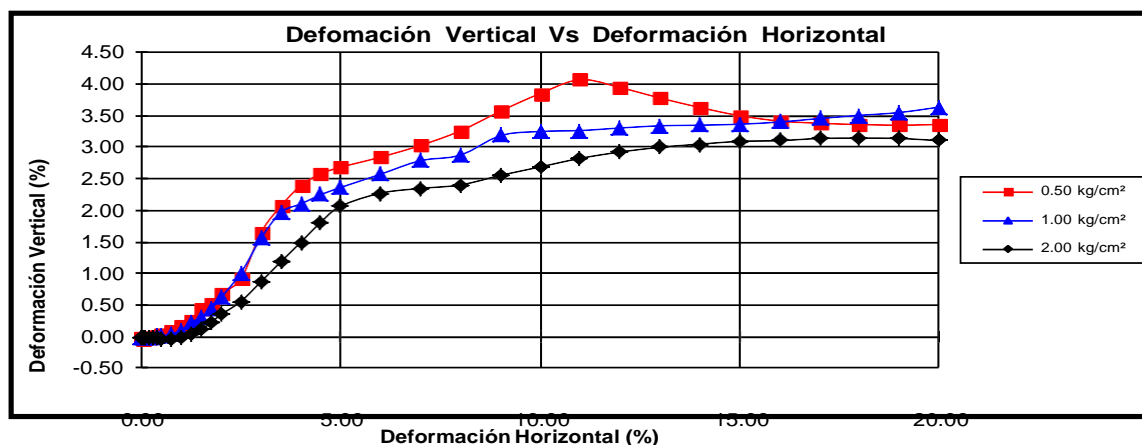
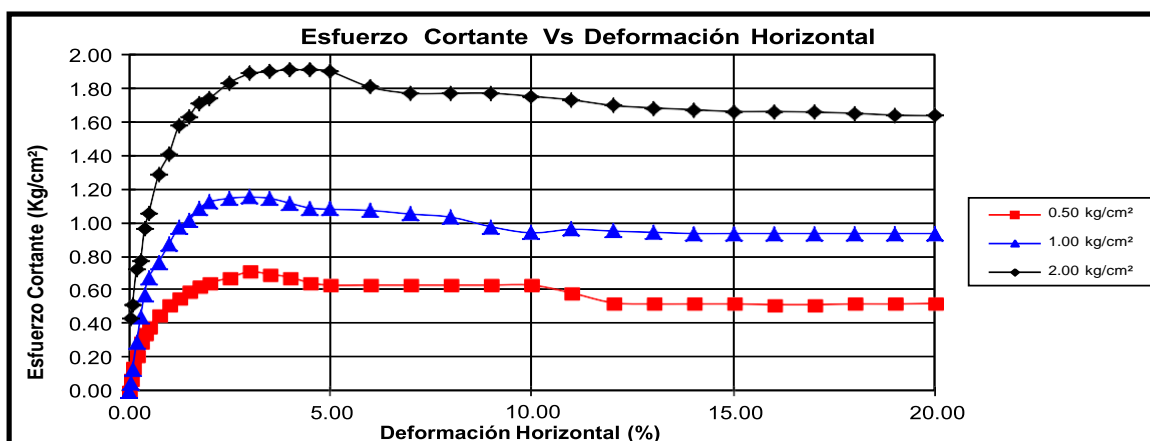
MECANICA DE SUELOS E  
INGENIERIA GEOTECNICA  
[www.tupiaingenieros.com](http://www.tupiaingenieros.com)



ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
Esfuerzo Vs Deformacion

SOLICITANTE : HERNAN ENRIQUE LIZA  
PROYECTO : VIVIENDA MULTIFAMILIAR PUEBLO LIBRE  
UBICACION : JR. AMERICA 236-240 PUEBLO LIBRE  
FECHA : 2021-11-15

TIPO DE EXPLORACION : CALICATA  
No DE EXPLORACION : C-02  
No DE MUESTRA : M1



Tupia Ingenieros S.A.C. / Av. Malecón Bertoloto N°590 - San Miguel - Lima - Perú  
Ver2021





**TISAC**  
MECANICA DE SUELOS E  
INGENIERIA GEOTECNICA

ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE  
CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR  
JR. AMERICA 236-240 URB. SAN  
BERNARDO- PUEBLO LIBRE

CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01

Revisión: 1

2021-11-27

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

LABORATORIO DE GEOTECNIA

**TISAC**

MECANICA DE SUELOS E  
INGENIERIA GEOTECNICA  
www.tupiaingenieros.com

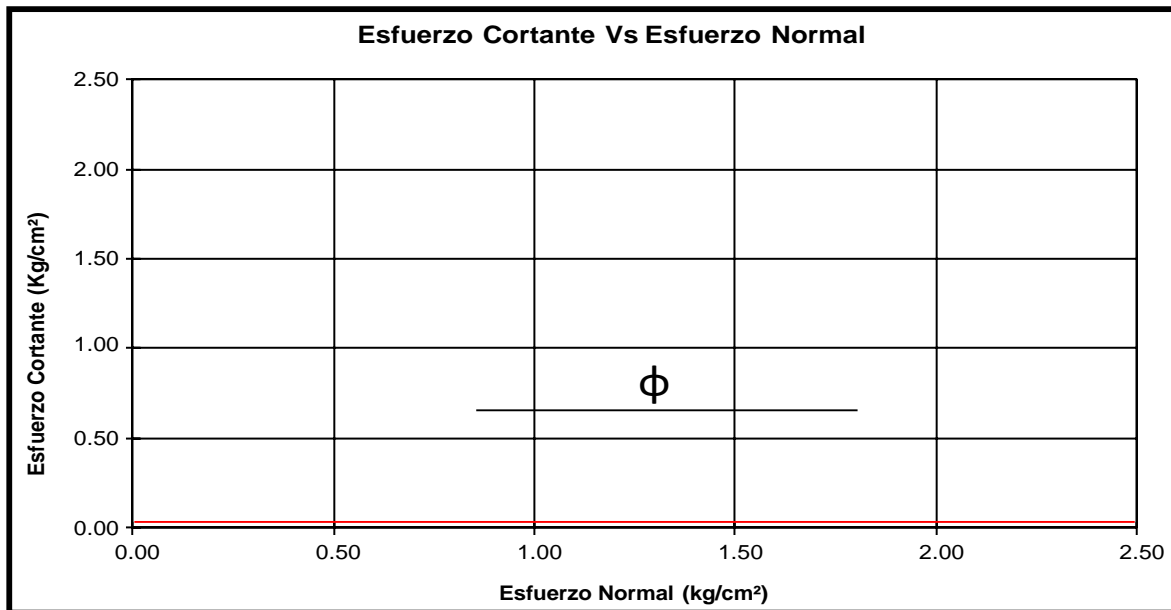


ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
Cortante Vs Normal

SOLICITANTE : HERNAN ENRIQUE LIZA  
PROYECTO : VIVIENDA MULTIFAMILIAR PUEBLO LIBRE  
UBICACION : JR. AMERICA 236-240 PUEBLO LIBRE  
FECHA : 2021-11-15


TIPO DE EXPLORACION : CALICATA  
No DE EXPLORACION : C-02  
No DE MUESTRA : M1

PARAMETROS DE RESISTENCIA



COHESION (c)	(kg/cm²)	0.025
ANGULO DE FRICCION (φ)	(°)	38

Tupia Ingenieros S.A.C. / Av. Malecón Bertoloto N°590 - San Miguel - Lima - Perú

 <b>TISAC</b> MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA	ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS			



## Anexo 3

# Cálculo de carga admisible y asentamientos

---



ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**TUPIA INGENIEROS SAC**

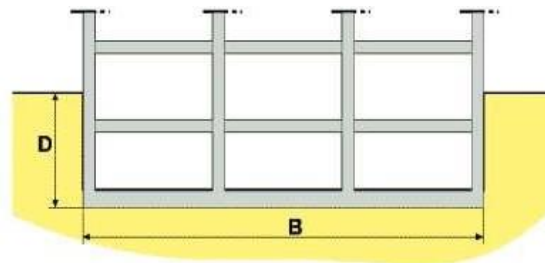
MECANICA DE SUELOS E INGENIERIA GEOTECNICA  
www.tupiaingenieros.com

**ANALISIS DE LA CARGA DE HUNDIMIENTO PARA LOSAS DE CIMENTACION  
Meyerhof (1974)**

<b>PROYECTO</b>	: VIVIENDA MULTIFAMILIAR PUEBLO LIBRE
<b>SOLICITANTE</b>	: HERNAN ENRIQUE LIZA
<b>UBICACIÓN</b>	: JR AMERICA 236-240 PUEBLO LIBRE
<b>FECHA</b>	: 17-11-2021

**DATOS GENERALES**

Ángulo de Fricción	: 38 °
Angulo de Arrancamiento	: 29.3 °
Cohesión	: 0.00 Ton/m2
Peso Específico de Suelo por encima del N.C.	: 1.85 Ton/m3
Peso Específico de Suelo por debajo del N.C.	: 1.85 Ton/m3
Relación Ancho Largo (B/L)	: 0.392
Factor de Seguridad	: 3
Factor de energia SPT N60	65
Asiento diferencial	4.92 mm
Profundidad de nivel freático	: N.P



b) Edificio con sótanos cimentado mediante losa

FORMA	FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA VESIC			FACTORES DE FORMA DE LA CIMENTACION		
	Nc	Ny	Nq	Sc	Sy	Sq
RECTANGULAR	28.54	20.23	17.02	1.23	0.77	1.22
CUADRADA O CIRCULAR				1.23	0.77	1.56
CIMIENTO CORRIDO				1	1	1

**DETERMINACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DE SOPORTE : (Qadm)**

Tipo de Cimentación	Profundidad (D) (m)	Ancho (B) (m)	Qadm (kg/cm2)	Asentamiento (S) (cm)
LOSA DE CIMENTACION	7.00	10.00	3.656	1.640

**CÁLCULO DE ASIEN TO DIFERENCIAL**

Base	: 1.50	m	Asentamiento :	4.92	mm
Largo	: 1.50	m			
Df	: 1.50	m			
Densidad	: 15.68	kN/m <sup>3</sup>			
Tiempo	: 0.01	años			



ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**TUPIA INGENIEROS SAC**

MECANICA DE SUELOS E INGENIERIA GEOTECNICA

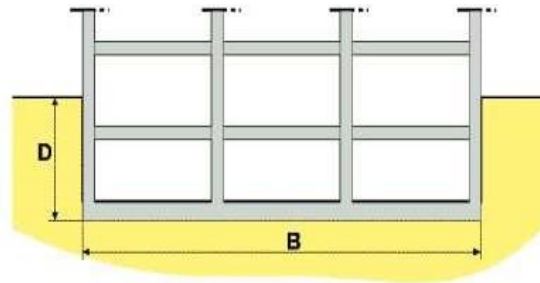
[www.tupiaingenieros.com](http://www.tupiaingenieros.com)

**ANALISIS DE LA CARGA DE HUNDIMIENTO PARA LOSAS DE CIMENTACION  
Meyerhof (1974)**

<b>PROYECTO</b>	: VIVIENDA MULTIFAMILIAR PUEBLO LIBRE
<b>SOLICITANTE</b>	: HERNAN ENRIQUE LIZA
<b>UBICACIÓN</b>	: JR AMERICA 236-240 PUEBLO LIBRE
<b>FECHA</b>	: 17-11-2021

**DATOS GENERALES**

Ángulo de Fricción	: 38 °
Angulo de Arrancamiento	: 29.3 °
Cohesión	: 0.00 Ton/m <sup>2</sup>
Peso Específico de Suelo por encima del N.C.	: 1.85 Ton/m <sup>3</sup>
Peso Específico de Suelo por debajo del N.C.	: 1.85 Ton/m <sup>3</sup>
Relación	: 0.392
Ancho Largo (B/L)	: 3
Factor de Seguridad	: 3
Factor de energia SPT N60	65
Asiento diferencial	4.92 mm
Profundidad de nivel freático	: N.P



**b) Edificio con sótanos cimentado mediante losa**

FORMA	FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA VESIC			FACTORES DE FORMA DE LA CIMENTACION		
	Nc	Ny	Nq	Sc	Sy	Sq
RECTANGULAR	28.54	20.23	17.02	1.23	0.77	1.22
CUADRADA O CIRCULAR				1.23	0.77	1.56
CIMIENTO CORRIDO				1	1	1

**DETERMINACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DE SOPORTE : (Qadm)**

Tipo de Cimentación	Profundidad (D) (m)	Ancho (B) (m)	Qadm (kg/cm <sup>2</sup> )	Asentamiento (S) (cm)
<b>LOSA DE CIMENTACION</b>	7.00	10.00	3.656	1.640



**TISAC**  
MECANICA DE SUELOS E  
INGENIERIA GEOTECNICA

ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE  
CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR  
JR. AMERICA 236-240 URB. SAN  
BERNARDO- PUEBLO LIBRE

CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01

Revisión: 1

2021-11-27

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**TUPIA INGENIEROS SAC**

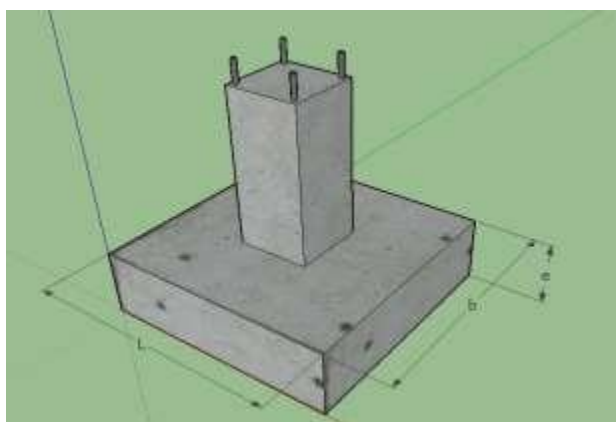
MECANICA DE SUELOS E INGENIERIA GEOTECNICA  
[www.tupiaingenieros.com](http://www.tupiaingenieros.com)

**ANALISIS DE LA CARGA DE HUNDIMIENTO DE CIMENTACION SUPERFICIALES**  
Terzaghi y Peck (1967), Vesic (1973)

**PROYECTO** : VIVIENDA MULTIFAMILIAR PUEBLO LIBRE  
**SOLICITANTE** : HERNAN ENRIQUE LIZA  
**UBICACIÓN** : JR AMERICA 236-240 PUEBLO LIBRE  
**FECHA** : 17-11-2021

**DATOS GENERALES**

Ángulo de Fricción : 38 °  
Angulo de Arrancamiento : 26.7 °  
Cohesión : 0.00 Ton/m<sup>2</sup>  
Peso Específico de Suelo por encima del N.C. : 1.85 Ton/m<sup>3</sup>  
Peso Específico de Suelo por debajo del N.C. : 1.85 Ton/m<sup>3</sup>  
Relación Ancho Largo (B/L) : 1  
Factor de Seguridad : 3  
Profundidad de nivel freático : N.P



FORMA	FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA VESIC			FACTORES DE FORMA DE LA CIMENTACION		
	Nc	Ny	Nq	Sc	Sy	Sq
RECTANGULAR				1.55	0.60	1.50
CUADRADA O CIRCULAR	23.48	13.93	12.82	1.55	0.60	1.50
CIMIENTO CORRIDO				1	1	1

**DETERMINACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DE SOPORTE : (Qadm)**

Tipo de Cimentación	Profundidad (D) (m)	Ancho (B) (m)	Qu falla local (Kg/cm <sup>2</sup> )	Qadm (kg/cm <sup>2</sup> )
ZAPATA CUADRADA	1.50	1.50	6.51	2.17

**CÁLCULO DE ASIEN TO DIFERENCIAL**

Base : 1.50 m  
Largo : 1.50 m  
Df : 1.50 m  
Densidad : 15.68 kN/m<sup>3</sup>  
Tiempo : 0.01 años  
Asentamiento : 6.02 mm



**TISAC**  
MECANICA DE SUELOS E  
INGENIERIA GEOTECNICA

ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE  
CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR  
JR. AMERICA 236-240 URB. SAN  
BERNARDO- PUEBLO LIBRE

CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01

Revisión: 1

2021-11-27

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**TUPIA INGENIEROS SAC**

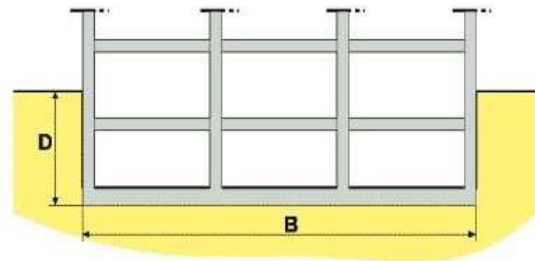
MECANICA DE SUELOS E INGENIERIA GEOTECNICA  
[www.tupiaingenieros.com](http://www.tupiaingenieros.com)

**ANALISIS DE LA CARGA DE HUNDIMIENTO PARA LOSAS DE CIMENTACION  
Meyerhof (1974)**

<b>PROYECTO</b>	: VIVIENDA MULTIFAMILIAR PUEBLO LIBRE
<b>SOLICITANTE</b>	: HERNAN ENRIQUE LIZA
<b>UBICACION</b>	: JR AMERICA 236-240 PUEBLO LIBRE
<b>FECHA</b>	: 17-11-2021

**DATOS GENERALES**

Ángulo de Fricción	: 38 °
Angulo de Arrancamiento	: 29.3 °
Cohesión	: 0.00 Ton/m <sup>2</sup>
Peso Especifico de Suelo por encima del N.C.	: 1.85 Ton/m <sup>3</sup>
Peso Especifico de Suelo por debajo del N.C.	: 1.85 Ton/m <sup>3</sup>
Relación	: 0.392
Ancho Largo (B/L)	: 3
Factor de Seguridad	: 3
Factor de energia SPT N60	: 80
Asiento diferencial	: 6.02 mm
Profundidad de nivel freático	: N.P




**b) Edificio con sótanos cimentado mediante losa**

FORMA	FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA VESIC			FACTORES DE FORMA DE LA CIMENTACION		
	Nc	Ny	Nq	Sc	Sy	Sq
RECTANGULAR	28.54	20.23	17.02	1.23	0.77	1.22
CUADRADA O CIRCULAR				1.23	0.77	1.56
CIMIENTO CORRIDO				1	1	1

**DETERMINACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DE SOPORTE : (Qadm)**

Tipo de Cimentación	Profundidad (D) (m)	Ancho (B) (m)	Qadm (kg/cm <sup>2</sup> )	Asentamiento (S) (cm)
<b>LOSA DE CIMENTACION</b>	7.00	10.00	5.505	2.007

 <b>TISAC</b> MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA	ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS			



# Anexo 4

## Registro Fotográfico

---



**TISAC**  
MECANICA DE SUELOS E  
INGENIERIA GEOTECNICA

ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE  
CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR  
JR. AMERICA 236-240 URB. SAN  
BERNARDO- PUEBLO LIBRE

CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01

Revisión: 1

2021-11-27

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



**Foto N°1:** Calicata C-01, con Prof. De 4.0 m, se encontró un estrato de 0.00 – 1.10 m suelo de relleno conformado por arena mal graduada y de 1.10 m a más es un suelo conformado por grava bien graduada (GW) con presencia de canto rodado.



**Foto N°2:** Calicata C-02, con Prof. De 7.00 m, se encontró un estrato de 0.00 – 1.20 m suelo de relleno conformado por arena limosa y de 1.20 m a más es un suelo conformado por grava bien graduada (GW) con presencia de canto rodado.





ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



**Foto N°3:** Calicata C-03, con Prof. De 4.00 m, se encontró un estrato de 0.00 – 1.00 m suelo de relleno conformado por arena mal gradada y de 1.00 m a más es un suelo conformado por grava bien graduada (GW) con presencia de canto rodado.



**Foto N°4:** Ensayo de cono de arena CONO-01, Prof. De 2.00 m en la calicata C-01, se realiza para obtener la densidad del suelo encontrado.



**TISAC**  
MECÁNICA DE SUELOS E  
INGENIERÍA GEOTÉCNICA

ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE  
CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR  
JR. AMERICA 236-240 URB. SAN  
BERNARDO- PUEBLO LIBRE

CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01

Revisión: 1

2021-11-27

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



**Foto N°5:** Foto panorámica mostrando el suelo y dimensiones de grava encontradas en el sub suelo de la calicata, determinando su  $T_{mn}=10$  pulg.



**Foto N°6:** Ensayo de MASW-01 para determinar las velocidades de ondas S.



**TISAC**  
MECÁNICA DE SUELOS E  
INGENIERÍA GEOTÉCNICA

ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE  
CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR  
JR. AMERICA 236-240 URB. SAN  
BERNARDO- PUEBLO LIBRE

CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01

Revisión: 1

2021-11-27


ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



**Foto N°7:** Ensayo de Refracción sísmica LRF-01, Para determinar las velocidades de ondas P.



**Foto N°8:** Ensayo de laboratorio, ensayo de corte directo de muestra alterada extraída del área de estudio.

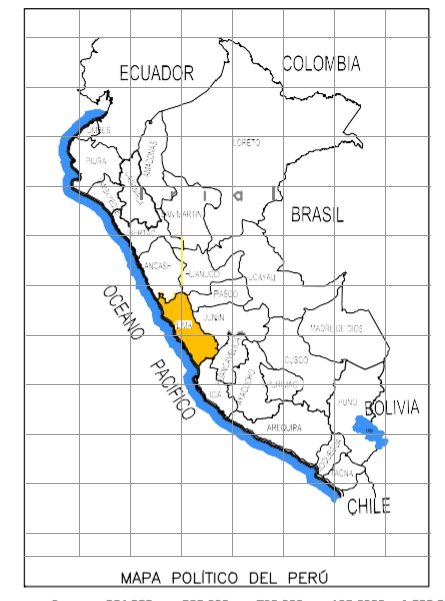
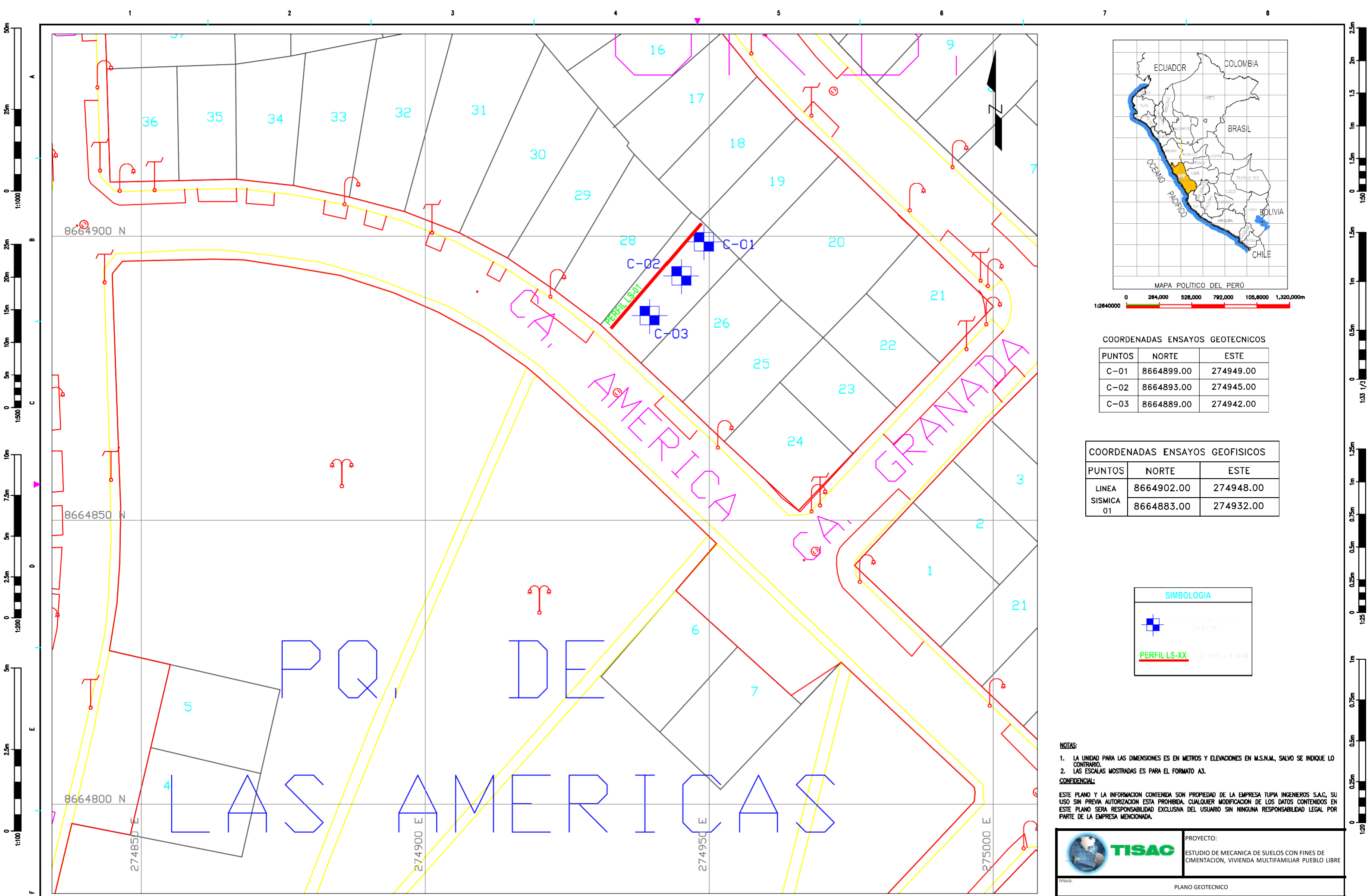
 <b>TISAC</b> MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA	ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR JR. AMERICA 236-240 URB. SAN BERNARDO- PUEBLO LIBRE	CODIGO: EMS-TISAC – 18112021-01	
		Revisión: 1	2021-11-27
<b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>			



# Anexo 5

## Planos

---



COORDENADAS ENSAYOS GEOTECNICOS

PUNTOS	NORTE	ESTE
C-01	8664899.00	274949.00
C-02	8664893.00	274945.00
C-03	8664889.00	274942.00

COORDENADAS ENSAYOS GEOFISICOS

PUNTOS	NORTE	ESTE
LINIA SISMICA 01	8664902.00	274948.00
	8664883.00	274932.00

**SIMBOLOGIA**

- PUNTO DE MUESTREO DE SUELO PARA ENSAYOS GEOTECNICOS
- PERFIL LS-XX (LÍNEA SISMICA Y 16-51)

- NOTAS:**
- LA UNIDAD PARA LAS DIMENSIONES ES EN METROS Y ELEVACIONES EN M.S.N.M., SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
  - LAS ESCALAS MOSTRADAS ES PARA EL FORMATO A3.
- CONFIDENCIAL:**
- ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA SON PROPIEDAD DE LA EMPRESA TUPI INGENIEROS S.A.C, SU USO SIN PREVIA AUTORIZACION ESTA PROHIBIDA. CUALQUIER MODIFICACION DE LOS DATOS CONTENIDOS EN ESTE PLANO SERA RESPONSABILIDAD EXCLUSIVA DEL USUARIO SIN NINGUNA RESPONSABILIDAD LEGAL POR PARTE DE LA EMPRESA MENCIONADA.

**TISAC** PROYECTO: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION, VIVIENDA MULTIFAMILIAR PUEBLO LIBRE

TITULO: PLANO GEOTECNICO

INDICADA	DIMENSIONES METROS	ASPECTO TECNICO	GEOTECNICO - GEOFISICO
FECHA: 27/11/2021	DIBUJO: TISAC	FASE: ESTUDIO	
DISEÑO: TISAC	APROBADO: TISAC	CODIGO: GEOT-01	REV: 1 DE 1

PLANO EN PLANTA  
ESC: 1:300

(A3) (0.420 x 0.297 m)

## DISEÑO DE MURO ANCLADO CON CONSIDERACIONES DEL FHWA

### DATOS NECESARIO PARA INICIAR EL PROCESO DE DISEÑO

Altura total de Excavación  $H := 7 \text{ m}$       Sobrecargas  $qs := 12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

### PROPIEDADES DEL SUELO CONTENIDO:

Angulo de fricción interna del  $\phi := 38$   
suelo

Cohesión del suelo  $c := 0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Peso volumétrico del  $\gamma := 18.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$   
suelo

Resultado del ensayo de Penetración  $Nspt := 40$   
estándar

### PROPIEDADES DE LOS MATERIALES:

$f_c := 21 \text{ MPa}$        $f_y := 420 \text{ MPa}$

Determinando la carga Total

$$FS := 1.5$$

$$\phi_{mob} := \text{atan} \left( \frac{\tan \left( \frac{\phi \cdot \pi}{180} \right)}{FS} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = 27.513$$

*Angulo de fricción interna del suelo afectado por un factor de seguridad (Ec. Rankini)*

$$K_{Amob} := \frac{1 - \sin \left( \frac{\phi_{mob} \cdot \pi}{180} \right)}{1 + \sin \left( \frac{\phi_{mob} \cdot \pi}{180} \right)} = 0.368$$

*Coefficiente de presión de tierras en condición activa movilizada (Ec. Rankini)*

$$K_o := 1 - \sin \left( \frac{\phi \cdot \pi}{180} \right) = 0.384$$

*Coefficiente de presión de tierras en condición de reposo (Ec. Jaky)*

$$K_{diseño} := \text{if} (K_o > K_{Amob}, K_o, K_{Amob}) = 0.384$$

$$T_j := 0.5 \cdot K_{diseño} \cdot \gamma \cdot H^2 = 174.201 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

*Carga Total debida a la presión de tierra en condición de reposo (Ec. Jaky)*

## Separaciones Verticales de los Anclajes

### Prediseño

$$N_{\text{anclajes}} := 2$$

$$H_1 := \frac{H}{(1 + (N_{\text{anclajes}}) \cdot 1.5516)} = 1.706 \text{ m}$$

$$H_2 := \sqrt{\frac{130}{54}} \cdot H_1 = 2.647 \text{ m}$$

### Diseño Final

$$H_1 := 2 \text{ m}$$

$$H_2 := 2.5$$

$$H_{n.1} := H - H_1 - ((N_{\text{anclajes}} \cdot m) - 1 \text{ m}) \cdot H_2 = 2.5 \text{ m}$$

$$H_t := H_1 + ((N_{\text{anclajes}} \cdot m) - 1 \text{ m}) \cdot H_2 + H_{n.1} = 7 \text{ m}$$

$$H_t := \text{if}(H_t = H, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple Revisar"}) = \text{"Cumple"}$$



TRANSFORMACION DE CARGA DE PRESION TOTAL DE TIERRA EN DIAGRAMA DE PRESION PARA MUROS DE ANCLAJE

$$P := \frac{T_l}{H_t - \frac{1}{3} N_{\text{anclajes}} \cdot m - \frac{1}{3} H_{n.1}} = 31.673 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Carga de presión que estabiliza el corte}$$

$$P_s := K_{\text{diseño}} \cdot q_s = 4.612 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Carga de presión que estabiliza la Sobrecarga}$$

DETERMINACION DE LAS FUERZAS HORIZONTALES DE LOS ANCLAJES

$$Th_1 := \left( \left( \frac{2}{3} \right) H_1 + \left( \frac{1}{2} \right) H_2 \cdot m \right) \cdot P + \left( H_1 + \frac{H_2 \cdot m}{2} \right) \cdot P_s = 96.811 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Th_2 := \left( \left( \frac{1}{2} \right) (H_2 \cdot m) + \left( \frac{1}{2} \right) (H_2 \cdot m) \right) \cdot P + \left( \frac{(H_2 \cdot m)}{2} + \frac{H_2 \cdot m}{2} \right) \cdot P_s = 90.713 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Th_n := \left( \left( \frac{1}{2} \right) H_2 \cdot m + \left( \frac{23}{48} \right) H_{n.1} \right) \cdot P + \left( \frac{H_2 \cdot m}{2} + \frac{H_{n.1}}{2} \right) \cdot P_s = 89.063 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$R_B := \left( \left( \frac{3}{16} \right) \cdot H_{n.1} \right) \cdot P + \left( \frac{H_{n.1}}{2} \right) \cdot P_s = 20.612 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

## DISEÑO DE ANCLAJES

### ANGULO DE INCLINACION DE LAS ANCLAS

Es deseable que por encima del bulbo haya como mínimo de 4.5 a 5 m de sobrecarga de suelo para cables y de 3 a 4 m para barras. Esta distancia debe ser medida desde el centro del bulbo para lograr una adecuada resistencia del suelo. Además, no es recomendable utilizar anclajes con ángulos superiores a 45° con la horizontal ni menores a 10°.

$\psi := 30$     Angulo de inclinación de anclaje

$S_h := 1.2$     Separación entre los Anclajes

$$T_{d1} := Th_1 \cdot \frac{S_h}{\cos\left(\psi \cdot \frac{\pi}{180}\right)} = 134.145 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \text{ Tension}_{\text{diseño1}}$$

$$T_{d2} := Th_2 \cdot \frac{S_h}{\cos\left(\psi \cdot \frac{\pi}{180}\right)} = 125.695 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \text{ Tension}_{\text{diseño2}}$$

$$T_{dn} := Th_n \cdot \frac{S_h}{\cos\left(\psi \cdot \frac{\pi}{180}\right)} = 123.409 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \text{ Tension}_{\text{diseño.n}}$$

$T_{diseño} := 240 \frac{kN}{m}$  Se considerara un  $T_{diseño}$  de acuerdo al numero de SPT considerando el tipo de material, en este caso es Grava y tiene un SPT de 40, con el cuadro de trasferencia de cargas por tipo de suelo se coloca ese resultado

$T_{diseño} := 240$  Escribir lo q te salga en  $T.diseño$

Comprobando la Tensión de Diseño

$T_{diseño} := \text{if}(T_{diseño} \geq \max(T_{d1}, T_{d2}, T_{dn}), \text{"Cumple"}, \text{"No Cumple"}) = \text{"Cumple"}$

### LONGITUD LIBRE DE LAS ANCLAS

Para la longitud de anclaje  $L_t$ , no es recomendable utilizar longitudes inferiores a 9m ni deben exceder los 45m (Sabatini y otros, 1999), la longitud de anclaje esta conformada por : la longitud libre (LL) y la longitud del bulbo (LB) , debe seleccionarse de tal forma que el bulbo se localice por debajo de la superficie critica de falla para lograr un factor de seguridad adecuado en el diseño.

$\alpha := 45 + \frac{\phi_{mob}}{2} = 58.757$  Angulo desde el fondo con la vertical indicando la superficie critica de falla

$n_1 := H \cdot \tan\left(\left(90 - \alpha\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right) = 4.247 \text{ m}$

$$m := n_1 \cdot \frac{(H - H_1)}{H} = 3.033 \text{ m}$$

$$L_{l1} := \frac{m \cdot \sin\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)}{\sin\left(\left(180 - \alpha - \psi\right) \cdot \left(\frac{\pi}{180}\right)\right)} = 2.594 \text{ m}$$

$$X := \text{if}(0.2 \cdot H > 1.5 \cdot m, 0.2 \cdot H, 1.5) = 1.5 \quad \text{Longitud de seguridad dada por Peck}$$

$$L_l := L_{l1} + X \cdot m = 4.094 \text{ m} \quad \text{Longitud libre del anclaje}$$

Longitud libre final

$$L_{lf} := 4.10 \text{ m} \quad \text{Redondeamos el resultado del } L_l$$

$$L_{lf} := 4.10 \quad \text{Reescribir la Cantidad del } L_{lf}$$

Determinando la Longitud de Bulbo

El primer paso para estimar la longitud de bulbo es encontrar la máxima carga permisible del ancla considerando la longitud máxima de bulbo que es de 12 m en suelos y de 10 m en rocas. Para anclajes en suelo, el rango de longitud de bulbo varía de 4.5 m a 12 m y para propósitos de diseño preliminar, la capacidad de carga última transferida por el bulbo hacia el suelo puede ser obtenida de la tabla cuyos valores toman en cuenta la adherencia y fricción del suelo.

$I_{bmax} := 12 \cdot m$  Longitud Máxima del bulbo q puede tener

$Q_u := 290 \frac{kN}{m}$  Capacidad de carga ultima de transferencia del bulbo de anclaje "Ver Anexo de Tabla de Capacidad de Carga de acuerdo al SPT colocar el valor, en nuestro caso nuestro SPT es de 40 y se sitúa en grava densa.

$Q_u := 290$  Colorar lo q salga el  $Q_u$

$FS := 2$  Colocar el FS q considere

$$T_{max} := I_{bmax} \cdot \frac{Q_u}{FS} = 1740 \text{ kN}$$

Carga máxima de diseño  
verificación

$T_{maxf} := \text{if}(T_{max} > T_{diseño} \cdot m, \text{"ok"}, \text{"No cumple"}) = \text{"ok"}$

$$L_b := T_{diseño} \cdot \frac{FS}{Q_u} \cdot m = 1.655 \text{ m} \quad L_b \text{ del anclaje}$$

$L_b := 1.66$  Redondeamos el  $L_b$  a un decimal mayor

Verificación de Longitud de Bulbo para suelo GW

$FS = 2$

$$T_{diseño} = 240 \frac{kN}{m}$$

$$P' := 45.92 \quad \text{2psi/ft presión de lechada concreto}$$

$$D_b := 0.15 \quad \text{Diámetro del bulbo efectivo}$$

$$\tan\phi := \tan\left(38 \frac{\pi}{180}\right) = 0.781$$

$$Z_{t1} := H_1 + L_f \cdot \sin\left(\psi \cdot \frac{\pi}{180}\right) = 4.05 \text{ m}$$

$$Z_{t2} := H_1 + H_2 \cdot m + L_f \cdot \sin\left(\psi \cdot \frac{\pi}{180}\right) = 6.55 \text{ m}$$

$$Z_{tpromedio} := \frac{Z_{t1} + Z_{t2}}{2} = 5.3 \text{ m}$$

$$I_b := FS \cdot \frac{T_{diseño} \cdot m}{(P' \cdot \pi \cdot Z_{tpromedio} \cdot D_b \cdot \tan\phi)} = 5.357 \quad \text{si} := \text{if}(I_b \cdot m > L_b, ">", "<") = ">"$$

$$I_b := 5.40 \quad \text{Colocar el } I_b \text{ redondeando a 1 decimal, escribirlo manualmente}$$

$$\text{si} := \text{if}\left(I_b \geq \frac{I_b + L_b}{2}, \text{"Cumple el elegido"}, \text{"No Cumple"}\right) = \text{"Cumple el elegido"}$$

Lt que tiene el Anclaje

$$LT := l_b + L_{lf} = 9.5$$

Encontrando la altura del suelo sobre el primer anclaje

$$z := \frac{H_1}{m} + \left( LT - \frac{1}{2} \cdot l_b \right) \cdot \sin \left( \psi \cdot \frac{\pi}{180} \right) = 5.4$$

verificando que cumpla la altura

$$z := \text{if}(z \geq 4.5, \text{"Cumple"}, \text{"No Cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

Condición estática interna del Muro

$\gamma =$	18.5
H =	7.0
FS =	1.50
$\phi =$	38.0
$\phi_{mob} =$	27.51
$\beta =$	0.00
$\theta =$	0.00
mob(Caquot -Kerisel)	27.51
$K_p \text{ mob} =$	5.50

$$P_{REQ} = \frac{1}{2} \gamma H^2 \left[ \frac{(1 + \xi)^2}{\tan \alpha - \tan \beta} - K_{Pmob} \xi^2 \left( \text{sen} \delta_{mob} + \frac{\cos \delta_{mob}}{\tan(\alpha - \phi_{mob})} \right) \right] \tan(\alpha - \phi_{mob})$$

Ensayo1		Ensayo		Ensayo 3	
$d =$	0.80	$d =$	1.00	$d =$	1.50
$H =$	7.0	$H =$	7.0	$H =$	7.0
$\xi =$	0.114	$\xi =$	0.143	$\xi =$	0.214
$\alpha$ (°)	$P_{REQ}$	$\alpha$ (°)	$P_{REQ}$	$\alpha$ (°)	$P_{REQ}$
50.0	160.37	50.0	150.78	50.0	108.72
51.0	162.62	51.0	152.98	51.0	110.67
52.0	164.53	52.0	154.83	52.0	112.20
53.0	166.11	53.0	156.33	53.0	113.34
54.0	167.37	54.0	157.49	54.0	114.08
55.0	168.32	55.0	158.32	55.0	114.43
56.0	168.95	56.0	158.81	56.0	114.40
57.0	169.28	57.0	158.98	57.0	113.99
58.0	169.30	58.0	158.83	58.0	113.21
59.0	169.02	59.0	158.35	59.0	112.04
60.0	168.43	60.0	157.55	60.0	110.50
61.0	167.54	61.0	156.42	61.0	108.57
<b>MAX =</b>	<b>169.30</b>	<b>MAX =</b>	<b>158.98</b>	<b>MAX =</b>	<b>114.43</b>

$P_{req} := 169.30$  Colocaremos el valor Max del Preq encontrado, el cual se aprecia en la parte superior de color naranja

$\alpha := 58$  Colocaremos el valor del ángulo que tiene el Max del Preq encontrado, el cual se aprecia en la parte superior de color amarillo

$d := 1.50$  Usaremos el valor del ensayo 3 de profundidad  $d=1.50$



$$\Sigma THn+RB := Th_1 + Th_2 + Th_n + R_B = 297.198 \frac{1}{m} \cdot kN$$

Comprobando que el sea  $Preq \leq \Sigma THn+RB$

$$s_{i_{preq}} := \text{if} \left( Preq \cdot \frac{1}{m} \cdot kN < \Sigma THn+RB, \text{"Cumple"}, \text{"No Cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

Se aprecia que el Preq cumple con su respectiva verificación

Verificando la longitud

libre

$$h_l := H - H_1 = 5 \text{ m}$$

$$L_{L1} := \left( \frac{h_l}{m} + d \right) \cdot \left( \frac{\sin \left( (90 - \alpha) \cdot \frac{\pi}{180} \right)}{\sin \left( (\alpha + \psi) \cdot \frac{\pi}{180} \right)} \right) = 3.447$$

$$X = 1.5$$

$$L_L := L_{L1} + X = 4.947 \quad \geq \quad L_{lf} = 4.1 \text{ m}$$

Se redondea a numero entero el  $L_L$

obtenido

$$L_L := 5 \quad \text{escribir el } L_L \text{ a numero entero manualmente}$$

Verificando longitud total de Anclaje

$$LT_{verificado} := L_L + l_b = 10.4$$

Condición estática externa del muro

las 2 primeras filas de anclajes

$$\phi = 38 \quad FS = 1.5 \quad \phi_{mob} = 27.513 \quad \delta_{mob} := \phi_{mob} = 27.513 \quad S_h = 1.2$$

$$\psi = 30 \quad q_s = 12 \frac{kN}{m^2} \quad \gamma = 18.5 \frac{kN}{m^3} \quad H = 7 \text{ m} \quad H_1 = 2 \text{ m} \quad LT_{verificado} = 10.4$$

$$n := \frac{q_s}{\gamma} = 0.649 \text{ m}$$

$$x := \left( LT_{verificado} - \frac{S_h}{3} \right) \cdot \cos \left( \psi \cdot \frac{\pi}{180} \right) = 8.66$$

$$y := \left( LT_{verificado} - \frac{S_h}{3} \right) \cdot \sin \left( \psi \cdot \frac{\pi}{180} \right) + \frac{H_1}{m} + \frac{n}{m} = 7.649$$

$$\alpha := \text{atan} \left( \frac{\frac{H}{m} + d + \frac{n}{m} - y}{x} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = 9.826$$

$$X := \frac{x}{\frac{H}{m} + \frac{n}{m}} = 1.132$$

$$\lambda := \frac{y}{\frac{H}{m} + \frac{n}{m}} = 1$$

$$\varepsilon := \frac{d}{\frac{H}{m} + \frac{n}{m}} = 0.196$$

Se busca determinar el  $\phi_{mob}$  en la interacción que cumpla el valor de equilibrio de la ecuación sea =0.0

$\phi_{mob.} := 19.201$  Cambiar este valor hasta que se cumpla la condicional

$$\delta_{mob.} := \frac{2}{3} \cdot \phi_{mob.} = 12.801 \text{ Teoría Coulomb}$$

$$\theta := 0$$

$$\beta := 0$$

$$K_{pmob} := \left( \frac{\cos\left(\left(\phi_{mob.} + \theta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)^2}{\cos\left(\left(\theta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)^2 \cdot \cos\left(\left(\delta_{mob.} - \theta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{\sin\left(\left(\delta_{mob.} + \phi_{mob.}\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \sin\left(\left(\phi_{mob.} + \beta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)}{\cos\left(\left(\delta_{mob.} - \theta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \cos\left(\left(\beta - \theta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)}}\right)^2} \right) = 2.745$$

$$K_{amob} := \frac{\left(1 - \sin\left(\left(\phi_{mob.}\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right)}{\left(1 + \sin\left(\left(\phi_{mob.}\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right)} = 0.505 \quad \text{Teoría Coulomb}$$

$$Ecuación_{0.verificación} := (1 + \varepsilon + \lambda) \cdot \left( X - K_{pmob} \cdot \varepsilon^2 \cdot \sin \left( \delta_{mob.} \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right) + \left( \frac{\left( K_{pmob} \cdot \varepsilon^2 \cdot \cos \left( \delta_{mob.} \cdot \frac{\pi}{180} \right) - K_{amob} \cdot \lambda^2 \right)}{\left( \tan \left( (\phi_{mob.} - \alpha) \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right)} \right) = 0$$

$V_{Ecuacion0} := \text{if} (0.0 \leq Ecuación_{0.verificación}, \text{"Cumple"}, \text{"No Cumple"}) = \text{"No Cumple"}$

Luego de verificar que la iteración del  $\phi_{mob.}$  cumple con su verificación de la  $Ecuación_{0.verificación}$ , procedemos a encontrar su FS de las 2 primeras líneas de anclaje, (si no cumple la verificación volver a modificar el valor de  $\phi_{mob.}$  hasta q esta ecuación cumpla

$$FS_{2primerasfilas} := \frac{\tan \left( \phi \cdot \frac{\pi}{180} \right)}{\tan \left( \phi_{mob.} \cdot \frac{\pi}{180} \right)} = 2.243$$

Ahora se comprobara si  $FS_{2primerasfilas}$  cumple con su verificación

$V_{FS2primerasfilas} := \text{if} (FS_{2primerasfilas} \leq 1.5, \text{"No Cumple"}, \text{"Cumple"}) = \text{"Cumple"}$

Ahora que cumple el  $FS_{2primerasfilas}$ , procedemos hallar las longitudes de las primeras líneas de anclaje

$Lt := LT_{verificado} = 10.4$  Longitud total de las primeras líneas de Anclaje

$Ll := Lt - l_b = 5$  Longitud libre de las primeras líneas de Anclaje

$$l_b = 5.4$$

Longitud de bulbo de las primeras líneas de Anclaje

Hallando la ultima fila de anclajes

$$\phi = 38 \quad FS = 1.5 \quad \phi_{mob} = 27.513 \quad \delta_{mob} = 27.513 \quad S_h = 1.2$$

$$\psi = 30 \quad qs = 12 \frac{kN}{m^2} \quad \gamma = 18.5 \frac{kN}{m^3} \quad H = 7 \text{ m} \quad H_{n.1} = 2.5 \text{ m} \quad LT_{verificado} = 10.4$$

$$n = 0.649 \text{ m}$$

$$x = 8.66$$

$$y := \left( LT_{verificado} - \frac{S_h}{3} \right) \cdot \sin \left( \psi \cdot \frac{\pi}{180} \right) + \frac{H}{m} - \frac{H_{n.1}}{m} + \frac{n}{m} = 10.149$$

$$\alpha_u := \text{atan} \left( \frac{\frac{H}{m} + d + \frac{n}{m} - y}{x} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = -6.587$$

$$X_u := \frac{x}{\frac{H}{m} + \frac{n}{m}} = 1.132$$

$$\lambda_u := \frac{y}{\frac{H}{m} + \frac{n}{m}} = 1.327$$

$$\varepsilon_u := \frac{S_h}{\frac{H}{m} + \frac{n}{m}} = 0.157$$

Ahora busca determinar el  $\phi_{mob.u}$  en la interacción que cumpla el valor de equilibrio de la ecuación sea =0.0 para las ultimas filas de Anclajes

$\phi_{mob.u} := 13.76$  Cambiar este valor hasta que se cumpla la condicional

$$\delta_{mob.u} := \frac{2}{3} \cdot \phi_{mob.u} = 9.173 \quad \text{Teoría Coulomb}$$

$$\theta_u := 0$$

$$\beta_u := 0$$

$$K_{pmob.u} := \left( \frac{\cos \left( \left( (\phi_{mob.u} + \theta_u) \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right)^2}{\cos \left( (\theta_u) \cdot \frac{\pi}{180} \right)^2 \cdot \cos \left( (\delta_{mob.u} - \theta_u) \cdot \frac{\pi}{180} \right) \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{\left( \sin \left( (\delta_{mob.u} + \phi_{mob.u}) \cdot \frac{\pi}{180} \right) \cdot \sin \left( (\phi_{mob.u} + \beta_u) \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right)^2}{\cos \left( (\delta_{mob.u} - \theta) \cdot \frac{\pi}{180} \right) \cdot \cos \left( (\beta_u - \theta_u) \cdot \frac{\pi}{180} \right)}}} \right)^2 \right) = 1.986$$

$$K_{amob.u} := \frac{\left(1 - \sin\left(\left(\phi_{mob.u}\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right)}{\left(1 + \sin\left(\left(\phi_{mob.u}\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right)} = 0.616 \text{ Teoría Coulomb}$$

$$Ecuación_{0.verificación.u} := \left(1 + \varepsilon_u + \lambda_u\right) \cdot \left(X_u - K_{pmob.u} \cdot \varepsilon_u^2 \cdot \sin\left(\delta_{mob.u} \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right) + \frac{\left(\left(K_{pmob.u} \cdot \varepsilon_u^2 \cdot \cos\left(\delta_{mob.u} \cdot \frac{\pi}{180}\right) - K_{amob.u} \cdot \lambda_u^2\right)\right)}{\left(\tan\left(\left(\phi_{mob.u} - \alpha_u\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right)} = 0$$

$$V_{Ecuacion0.u} := \text{if}\left(0.0 \leq Ecuación_{0.verificación.u}, \text{"Cumple"}, \text{"No Cumple"}\right) = \text{"Cumple"}$$

Luego de verificar que la iteración del  $\phi_{mob.u}$  cumple con su verificación de la  $Ecuación_{0.verificación.u}$ , procedemos a encontrar su FS de las ultimas filas de anclaje, (si no cumple la verificación volver a modificar el valor de  $\phi_{mob.u}$  hasta q esta ecuación cumpla .

$$FS_{ultimasfilas} := \frac{\tan\left(\phi \cdot \frac{\pi}{180}\right)}{\tan\left(\phi_{mob.u} \cdot \frac{\pi}{180}\right)} = 3.19$$

Ahora se comprobara si  $FS_{2primerasfilas}$  cumple con su verificación

$$V_{ultimasfilas} := \text{if}\left(FS_{ultimasfilas} \leq 1.5, \text{"No Cumple"}, \text{"Cumple"}\right) = \text{"Cumple"}$$

Ahora que cumple  $FS_{\text{ultimasfilas}}$  procedemos hallar sus longitudes de las ultimas filas

$$Lt_u := LT_{\text{verificado}} = 10.4 \quad \text{Longitud total de la ultima fila de Anclaje}$$

$$Ll_u := Lt - l_b = 5 \quad \text{Longitud libre de la ultima fila de Anclaje}$$

$$l_b = 5.4 \quad \text{Longitud de bulbo de la ultima fila de Anclaje}$$

Ahora se procederá a hallar la profundidad de empotramiento

$$H = 7 \text{ m} \quad \gamma = 18.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\phi = 38$$

$$Kp := \tan \left( \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right)^2 = 4.204 \quad \text{Rankine para el Kp}$$

$$KA := \frac{\left( 1 - \sin \left( \phi \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right)}{\left( 1 + \sin \left( \phi \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right)} = 0.238$$

$$R_B = 20.612 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$FS_p := 0$$



iteración para hallar el "d"

$$dp := 0.84$$

$$EQ := 0.5 \cdot (Kp) \cdot \left( \frac{Y}{\frac{kN}{m^3}} \cdot dp^2 \right) - KA \cdot \left( \frac{Y}{\frac{kN}{m^3}} \cdot \frac{H}{m} \cdot dp + 0.5 \cdot \frac{Y}{\frac{kN}{m^3}} \cdot dp^2 \right) - FS_p \cdot \frac{R_B}{\frac{kN}{m}} = 0.007$$

$$d = 1.5$$

verificando el "d" de empotramiento

$$V_d := \text{if}(d \geq 1.5, \text{"Cumple"}, \text{"No Cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

Analizando la condición sísmica interna de la estabilidad del muro

$$k_h := 0.15 \quad k_v := 0$$

$$\omega_1 := \text{atan} \left( \frac{k_h}{(1 - k_v)} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = 8.531$$

$$H = 7 \text{ m}$$

$$qs = 12 \frac{kN}{m^2}$$

$$\gamma = 18.5 \frac{kN}{m^3}$$

$$\phi = 38$$

$\delta := 0$       Angulo de fricción entre el suelo y muro

$\theta = 0$       Angulo de inclinación del muro

$\beta = 0$

$$K_{AE} := \left( \frac{\cos\left(\left(\phi - \omega_1 - \theta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)^2}{\cos\left(\omega_1 \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \cos\left(\theta \cdot \frac{\pi}{180}\right)^2 \cdot \cos\left(\left(\theta + \delta + \omega_1\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\left(\sin\left(\left(\phi + \delta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \sin\left(\left(\phi - \omega_1 - \beta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right)^2}{\cos\left(\left(\delta + \theta + \omega_1\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \cos\left(\left(\beta - \theta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)}}}\right)^2 = 0.321$$

$$K_A := \tan\left(\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)^2 = 0.238 \quad \text{Encontrando el } K_A \text{ por Rankine}$$

$$E_{AE} := 0.5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_{AE} \cdot (1 - k_v) \cdot \left(1 + \left(\frac{2 \cdot q_s}{\gamma \cdot H}\right) \cdot \left(\frac{\cos\left(\theta \cdot \frac{\pi}{180}\right)}{\cos\left(\left(\beta - \theta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)}\right)\right) = 172.553 \frac{kN}{m}$$

$$E_A := 0.5 \cdot \gamma \cdot K_A \cdot H^2 = 107.821 \frac{kN}{m}$$

$$E_s := q_s \cdot H \cdot K_A = 19.982 \frac{kN}{m} \quad \text{Valor del Empuje de Sobrecarga activo}$$

$$E_{s, \text{sismo}} := q_s \cdot H \cdot (K_{AE} - K_A) = 6.997 \frac{kN}{m} \quad \text{Valor del Empuje activo sísmico}$$

$$E_E := E_{AE} - E_A - E_s - E_{s.sismo} = 37.754 \frac{kN}{m} \quad \text{Valor del Empuje sísmico del suelo}$$

Ahora es necesario encontrar los diagramas aparentes de tierra

$$H_1 = 2 \text{ m}$$

$$H_2 = 2.5$$

$$H_{n.1} = 2.5 \text{ m}$$

$$P := \frac{E_A}{H - \frac{1}{3} \cdot H_1 - \frac{1}{3} \cdot H_{n.1}} = 19.604 \frac{kN}{m^2} \quad \text{valor sobre la presión activa}$$

$$T_{H1A} := \left( \frac{2}{3} \cdot H_1 + \frac{1}{2} \cdot (H_2 \cdot m) \right) \cdot P = 50.643 \frac{kN}{m}$$

$$P_E := \frac{2 \cdot (E_E)}{H} = 10.787 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Valor bajo Sismo}$$

$$T_{H1E} := \left( \frac{P_E \left( 2 \cdot H - H_1 - \left( \frac{H_2}{2} \cdot m \right) \right)}{2 \cdot H} \right) \cdot \left( H_1 + \left( \frac{H_2}{2} \cdot m \right) \right) = 26.919 \frac{kN}{m}$$

$$P_{ST} := \left( \frac{E_s + E_{s.sismo}}{H} \right) = 3.854 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Valor total de Sobrecarga}$$

$$T_{H1ST} := \left( H_1 + \frac{1}{2} \cdot (H_2 \cdot m) \right) \cdot P_{ST} = 12.526 \frac{kN}{m}$$

$$T_{H1} := T_{H1A} + T_{H1E} + T_{H1ST} = 90.088 \frac{kN}{m}$$

$$S_h = 1.2$$

$$\psi = 30$$

$$T_{D1} := \frac{T_{H1} \cdot S_h}{\cos\left(\psi \cdot \frac{\pi}{180}\right)} = 124.829 \frac{kN}{m}$$

Ahora procedemos a verificar que nuestra Tensión del diagrama sea  $\leq$  a la Tensión del Diseño inicial

$$V_{TD1} := \text{if}(T_{D1} \leq T_{diseño}, \text{"Cumple"}, \text{"No Cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

Analizando condición sísmica externa de estabilidad

$$k_h = 0.15 \quad k_v = 0 \quad \delta = 0 \quad \beta = 0 \quad H = 7 \text{ m} \quad H_2 = 2.5 \quad d = 1.5$$

$$\omega_1 = 8.531 \quad \phi = 38 \quad \theta = 0 \quad \psi = 30 \quad H_1 = 2 \text{ m} \quad H_{n,1} = 2.5 \text{ m}$$

Angulo de inclinación de la falla externa

$$A := \tan \left( (\phi - \beta - \omega_1) \cdot \frac{\pi}{180} \right) = 0.565$$

$$B := \tan \left( (\delta + \beta + \omega_1) \cdot \frac{\pi}{180} \right) = 0.15$$

$$P_A := (\phi - \omega_1) + \operatorname{atan} \left( \left( \frac{(A \cdot (A^2 + 1) \cdot (A + B))^{0.5} - A^2}{1 + B \cdot (A^2 + 1)} \right) \right) \cdot \frac{180}{\pi} = 48.399$$

1ra Fila de Anclajes

$$L_{1L} := \frac{(H + (d \cdot m) - H_1) \cdot \sin \left( (90 - P_A) \cdot \frac{\pi}{180} \right)}{\sin \left( (P_A + \psi) \cdot \frac{\pi}{180} \right)} + (X \cdot m) = 5.906 \text{ m}$$

$LL := 6 \text{ m}$  Redondeamos la longitud libre a un numero entero del resultado del  $L_{1L}$  y lo colocamos como  $LL$ , en este caso se redondeo a 6 m

$$LB := l_b \cdot m = 5.4 \text{ m}$$

$$LT := LL + LB = 11.4 \text{ m}$$

### 2da Fila de Anclajes

$$L_{2L} := \frac{((H_{2L} \cdot m) + H_{n.1} + (d \cdot m)) \cdot \sin\left((90 - P_A) \cdot \frac{\pi}{180}\right)}{\sin\left((P_A + \psi) \cdot \frac{\pi}{180}\right)} + (X \cdot m) = 5.906 \text{ m}$$

$LL_2 := 6$  Redondeamos a un numero entero el resultado del  $L_{2L}$  y lo colocamos como  $LL_2$ , en este caso se redondeo a  $6 \text{ m}$

$$LB = 5.4 \text{ m}$$

$$LT_2 := LL + LB = 11.4 \text{ m}$$

### 3ra Fila de Anclajes

$$L_{3L} := \frac{(H_{n.1} + (d \cdot m)) \cdot \sin\left((90 - P_A) \cdot \frac{\pi}{180}\right)}{\sin\left((P_A + \psi) \cdot \frac{\pi}{180}\right)} + (X \cdot m) = 4.211 \text{ m}$$

$LL_3 := 6 \text{ m}$  debido a que  $L_{3L}$  de anclaje es menor a sus anteriores filas de anclaje, se considera el mismo valor obtenido en las 2 primeras filas de anclaje, en este caso ese valor fue de  $6 \text{ m}$ , cabe precisar que esto queda a criterio del Ing. estructural, ya que puede solo redondear el resultado a un numero entero, pero para esta investigación se considerara el valor obtenido en las 2 primeras filas de anclaje por un tema de uniformidad.

$$LB = 5.4 \text{ m}$$

$$LT_3 := LL + LB = 11.4 \text{ m}$$

## DISEÑO DE MURO ANCLADO CON CONSIDERACIONES DEL PTI

### DATOS NECESARIO PARA INICIAR EL PROCESO DE DISEÑO

Altura total de Excavación  $H := 7 \text{ m}$       Sobrecargas  $q_s := 12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

### PROPIEDADES DEL SUELO CONTENIDO:

Angulo de fricción interna del suelo  $\phi := 38$

Cohesión del suelo  $c := 0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Peso volumétrico del suelo  $\gamma := 18.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Resultado del ensayo de Penetración estándar  $N_{spt} := 40$

### PROPIEDADES DE LOS MATERIALES:

$f_c := 21 \text{ MPa}$        $f_y := 420 \text{ MPa}$

Determinando la carga

Total

$FS := 2$

$$\phi_{mob} := \text{atan} \left( \frac{\tan \left( \frac{\phi \cdot \pi}{180} \right)}{FS} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = 21.338$$

*Angulo de fricción interna del suelo afectado por un factor de seguridad (Ec. Rankini)*

$$K_{Amob} := \frac{1 - \sin\left(\frac{\phi_{mob} \cdot \pi}{180}\right)}{1 + \sin\left(\frac{\phi_{mob} \cdot \pi}{180}\right)} = 0.466$$

Coeficiente de presión de tierras en condición activa movilizada (Ec. Rankini)

$$K_o := 1 - \sin\left(\frac{\phi \cdot \pi}{180}\right) = 0.384$$

Coeficiente de presión de tierras en condición de reposo (Ec. Jaky)

$$K_{diseño} := \text{if}(K_o > K_{Amob}, K_o, K_{Amob}) = 0.466$$

$$T_1 := 0.5 \cdot K_{diseño} \cdot \gamma \cdot H^2 = 211.405 \frac{kN}{m}$$

Carga Total debida a la presión de tierra en condición de reposo (Ec. Jaky)

Separaciones Verticales de los Anclajes

Prediseño

$$N_{anclajes} := 2$$

$$H_1 := \frac{H}{(1 + (N_{anclajes}) \cdot 1.5516)} = 1.706 \text{ m}$$

$$H_2 := \sqrt{\frac{130}{54}} \cdot H_1 = 2.647 \text{ m}$$



## Diseño Final

$$H_1 := 2 \text{ m}$$

$$H_2 := 2.5$$

$$H_{n.1} := H - H_1 - ((N_{\text{anclajes}} \cdot m) - 1 \text{ m}) \cdot H_2 = 2.5 \text{ m}$$

$$H_t := H_1 + ((N_{\text{anclajes}} \cdot m) - 1 \text{ m}) \cdot H_2 + H_{n.1} = 7 \text{ m}$$

$$H_t := \text{if}(H_t = H, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple Revisar"}) = \text{"Cumple"}$$

## TRANSFORMACION DE CARGA DE PRESION TOTAL DE TIERRA EN DIAGRAMA DE PRESION PARA MUROS DE ANCLAJE

$$P := \frac{T_l}{H_t - \frac{1}{3} N_{\text{anclajes}} \cdot m - \frac{1}{3} H_{n.1}} = 38.437 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Carga de presión que estabiliza el corte}$$

$$P_s := K_{\text{diseño}} \cdot q_s = 5.597 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Carga de presión que estabiliza la Sobrecarga}$$

## DETERMINACION DE LAS FUERZAS HORIZONTALES DE LOS ANCLAJES

$$Th_1 := \left( \left( \frac{2}{3} \right) H_1 + \left( \frac{1}{2} \right) H_2 \cdot m \right) \cdot P + \left( H_1 + \frac{H_2 \cdot m}{2} \right) \cdot P_s = 117.487 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Th_2 := \left( \left( \frac{1}{2} \right) (H_2 \cdot m) + \left( \frac{1}{2} \right) (H_2 \cdot m) \right) \cdot P + \left( \frac{(H_2 \cdot m)}{2} + \frac{H_2 \cdot m}{2} \right) \cdot P_s = 110.086 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Th_n := \left( \left( \frac{1}{2} \right) H_2 \cdot m + \left( \frac{23}{48} \right) H_{n,1} \right) \cdot P + \left( \frac{H_2 \cdot m}{2} + \frac{H_{n,1}}{2} \right) \cdot P_s = 108.084 \frac{kN}{m}$$

$$R_B := \left( \left( \frac{3}{16} \right) \cdot H_{n,1} \right) \cdot P + \left( \frac{H_{n,1}}{2} \right) \cdot P_s = 25.014 \frac{kN}{m}$$

## DISEÑO DE ANCLAJES

### ANGULO DE INCLINACION DE LAS ANCLAS

Es deseable que por encima del bulbo haya como mínimo de 4.5 a 5 m de sobrecarga de suelo para cables y de 3 a 4 m para barras. Esta distancia debe ser medida desde el centro del bulbo para lograr una adecuada resistencia del suelo. Además, no es recomendable utilizar anclajes con ángulos superiores a 45° con la horizontal ni menores a 10°.

$\psi := 30$     Angulo de inclinación de anclaje

$S_h := 2$     Separación entre los Anclajes

$$T_{d1} := Th_1 \cdot \frac{S_h}{\cos \left( \psi \cdot \frac{\pi}{180} \right)} = 271.324 \frac{kN}{m} \text{ Tension}_{diseño1}$$

$$T_{d2} := Th_2 \cdot \frac{S_h}{\cos \left( \psi \cdot \frac{\pi}{180} \right)} = 254.233 \frac{kN}{m} \text{ Tension}_{diseño2}$$

$$T_{dn} := Th_n \cdot \frac{S_h}{\cos \left( \psi \cdot \frac{\pi}{180} \right)} = 249.609 \frac{kN}{m} \text{ Tension}_{diseño.n}$$

$$T_{diseño} := 275 \frac{kN}{m}$$

Se considera el mayor  $T_d$  en este caso fue el  $T_{d1}$  y por tema de seguridad lo redondeamos a

$$T_{diseño0} := 275$$

Escribir lo que te salga en  $T_{diseño}$

Comprobando la Tensión de Diseño

$$T_{diseño0c} := \text{if}(T_{diseño} \geq \max(T_{d1}, T_{d2}, T_{dn}), \text{"Cumple"}, \text{"No Cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

### LONGITUD LIBRE DE LAS ANCLAS

Para la longitud de anclaje  $L_t$ , no es recomendable utilizar longitudes inferiores a 9m ni deben exceder los 45m (Sabatini y otros, 1999), la longitud de anclaje esta conformada por : la longitud libre (LL) y la longitud del bulbo (LB) , debe seleccionarse de tal forma que el bulbo se localice por debajo de la superficie critica de falla para lograr un factor de seguridad adecuado en el diseño.

$$\alpha := 45 + \frac{\phi_{mob}}{2} = 55.669$$

Angulo desde el fondo con la vertical indicando la superficie critica de falla

$$n_1 := H \cdot \tan\left(\left(90 - \alpha\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right) = 4.781 \text{ m}$$

$$m := n_1 \cdot \frac{(H - H_1)}{H} = 3.415 \text{ m}$$

$$L_{l1} := \frac{m \cdot \sin\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right)}{\sin\left(\left(180 - \alpha - \psi\right) \cdot \left(\frac{\pi}{180}\right)\right)} = 2.828 \text{ m}$$

$$X := \text{if}(0.2 \cdot H > 1.5 \cdot m, 0.2 \cdot H, 1.5) = 1.5 \quad \text{Longitud de seguridad dada por Peck}$$

$$L_l := L_{l1} + X \cdot m = 4.328 \text{ m} \quad \text{Longitud libre del anclaje}$$

Longitud libre final

$$L_{lf} := 4.40 \text{ m} \quad \text{Redondeamos el resultado del } L_l \text{ a un decimal mayor}$$

$$L_{lf} := 4.40 \quad \text{Reescribir la Cantidad del } L_{lf}$$

Determinando la Longitud de Bulbo

El primer paso para estimar la longitud de bulbo es encontrar la máxima carga permisible del ancla considerando la longitud máxima de bulbo que es de 12 m en suelos y de 10 m en rocas. Para anclajes en suelo, el rango de longitud de bulbo varía de 4.5 m a 12 m y para propósitos de diseño preliminar, la capacidad de carga última transferida por el bulbo hacia el suelo puede ser obtenida de la tabla cuyos valores toman en cuenta la adherencia y fricción del suelo.

$$l_{bmax} := 12 \cdot m \quad \text{Longitud Máxima del bulbo q puede tener}$$

$$Q_u := 290 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Capacidad de carga ultima de transferencia del bulbo de anclaje "Ver Anexo de Tabla de Capacidad de Carga de acuerdo al SPT colocar el valor, en nuestro caso nuestro SPT es de 40 y se sitúa en grava densa."}$$

$$Q_u := 290 \quad \text{Colorar lo q salga el } Q_u$$

$FS := 2$  Colocar el FS q considere

$$T_{max} := l_{bmax} \cdot \frac{Q_u}{FS} = 1740 \text{ kN}$$

Carga máxima de diseño  
verificación

$$T_{maxf} := \text{if} (T_{max} > T_{diseño} \cdot m, \text{"ok"}, \text{"No cumple"}) = \text{"ok"}$$

$$L_b := T_{diseño} \cdot \frac{FS}{Q_u} \cdot m = 1.897 \text{ m} \quad \text{L.b del anclaje}$$

$$L_b := 1.9 \quad \text{redondeamos el } L_b \text{ a un decimal mayor}$$

Verificación de Longitud de Bulbo para suelo GW

$$FS = 2$$

$$T_{diseño} = 275 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P' := 60 \quad \text{2psi/ft presión de lechada concreto PTI}$$

$$D_b := 0.15 \quad \text{Diámetro del bulbo efectivo}$$

$$\tan \phi := \tan \left( 38 \frac{\pi}{180} \right) = 0.781$$

$$Z_{t1} := H_1 + L_f \cdot \sin \left( \psi \cdot \frac{\pi}{180} \right) = 4.2 \text{ m}$$

$$Z_{t2} := H_1 + H_2 \cdot m + L_{if} \cdot \sin\left(\psi \cdot \frac{\pi}{180}\right) = 6.7 \text{ m}$$

$$Z_{tpromedio} := \frac{Z_{t1} + Z_{t2}}{2} = 5.45 \text{ m}$$

$$I_b := \frac{FS \cdot T_{diseño0} \cdot m}{(P' \cdot \pi \cdot Z_{tpromedio} \cdot D_b \cdot \tan\phi) - (0.03 \cdot m)} = 4.57 \quad \text{si} := \text{if}(I_b \cdot m > L_b, ">", "<") = ">"$$

$I_b := 4.57$  Colocar el  $I_b$  redondeando a 1 decimal, escribirlo manualmente

$$\text{si} := \text{if}\left(I_b \geq \frac{I_b + L_b}{2}, \text{"Cumple el elegido"}, \text{"No Cumple"}\right) = \text{"Cumple el elegido"}$$

Lt que tiene el Anclaje

$$LT := I_b + L_{if} = 8.97$$

Encontrando la altura del suelo sobre el primer anclaje

$$z := \frac{H_1}{m} + \left(LT - \frac{1}{2} \cdot I_b\right) \cdot \sin\left(\psi \cdot \frac{\pi}{180}\right) = 5.343$$

verificando que cumpla la altura

$$z := \text{if}(z \geq 4.5, \text{"Cumple"}, \text{"No Cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

### Condición estática interna del Muro

$\gamma =$	18.5
$H =$	7.0
$FS =$	2.00
$\phi =$	38.0
$\phi_{mob} =$	21.34
$\beta =$	0.00
$\theta =$	0.00
mob(Caquot-Kerisel)	21.34
$K_{p\ mob} =$	5.50

$$P_{REQ} = \frac{1}{2} \gamma H^2 \left[ \frac{(1 + \xi)^2}{\tan \alpha - \tan \beta} - K_{Pmob} \xi^2 \left( \text{sen } \delta_{mob} + \frac{\cos \delta_{mob}}{\tan(\alpha - \phi_{mob})} \right) \right] \tan(\alpha - \phi_{mob})$$

Ensayo1		Ensayo		Ensayo 3	
$d =$	0.80	$d =$	1.00	$d =$	1.50
$H =$	7.0	$H =$	7.0	$H =$	7.0
$\xi =$	0.114	$\xi =$	0.143	$\xi =$	0.214

$\alpha$ (°)	$P_{REQ}$	$\alpha$ (°)	$P_{REQ}$	$\alpha$ (°)	$P_{REQ}$
50.0	221.30	50.0	214.00	50.0	177.12
51.0	222.44	51.0	215.07	51.0	177.85
52.0	223.30	52.0	215.83	52.0	178.22
53.0	223.87	53.0	216.29	53.0	178.24
54.0	224.17	54.0	216.45	54.0	177.92
55.0	224.19	55.0	216.32	55.0	177.26
56.0	223.93	56.0	215.90	56.0	176.25
57.0	223.40	57.0	215.18	57.0	174.90
58.0	222.59	58.0	214.16	58.0	173.20
59.0	221.50	59.0	212.85	59.0	171.15
60.0	220.13	60.0	211.24	60.0	168.74
61.0	218.47	61.0	209.31	61.0	165.96

<b>MAX =</b>	<b>224.19</b>	<b>MAX =</b>	<b>216.45</b>	<b>MAX =</b>	<b>178.24</b>
--------------	---------------	--------------	---------------	--------------	---------------

$Preq := 224.19$  Colocaremos el valor Max del Preq encontrado, el cual se aprecia en la parte superior de color naranja

$\alpha := 55$  Colocaremos el valor del ángulo que tiene el Max del Preq encontrado, el cual se aprecia en la parte superior de color amarillo

$d := 1.50$  Usaremos el valor del ensayo 3 de profundidad  
 $d = 1.50$

$$\Sigma THn + RB := Th_1 + Th_2 + R_B = 252.587 \frac{kN}{m}$$

Comprobando que el sea  $Preq \leq \Sigma THn + RB$

$$s_{i_{preq}} := \text{if} \left( Preq \cdot \frac{1}{m} \cdot kN < \Sigma THn + RB, \text{"Cumple"}, \text{"No Cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

Se aprecia que el Preq cumple con su respectiva verificación

Verificando la longitud libre

$$h_l := H - H_1 = 5 \text{ m}$$

$$L_{L1} := \left( \frac{h_l}{m} + d \right) \cdot \frac{\sin \left( (90 - \alpha) \cdot \frac{\pi}{180} \right)}{\sin \left( (\alpha + \psi) \cdot \frac{\pi}{180} \right)} = 3.742$$

$$X = 1.5$$

$$L_L := L_{L1} + X = 5.242 \quad \geq \quad L_{lf} = 4.4 \text{ m}$$

Se redondea a un decimal mayor el  $L_L$  obtenido

$$L_L := 5.25 \text{ escribir el } L_L \text{ redondeado manualmente}$$



Verificando longitud total de Anclaje

$$LT_{\text{verificado}} := L_L + l_b = 9.82$$

Condición estática externa del muro

las 2 primeras filas de anclajes

$$\phi = 38 \quad FS = 2 \quad \phi_{mob} = 21.338 \quad \delta_{mob} := \phi_{mob} = 21.338 \quad S_h = 2$$

$$\psi = 30 \quad qs = 12 \frac{kN}{m^2} \quad \gamma = 18.5 \frac{kN}{m^3} \quad H = 7 \text{ m} \quad H_1 = 2 \text{ m} \quad LT_{\text{verificado}} = 9.82$$

$$n := \frac{qs}{\gamma} = 0.649 \text{ m}$$

$$x := \left( LT_{\text{verificado}} - \frac{S_h}{3} \right) \cdot \cos \left( \psi \cdot \frac{\pi}{180} \right) = 7.927$$

$$y := \left( LT_{\text{verificado}} - \frac{S_h}{3} \right) \cdot \sin \left( \psi \cdot \frac{\pi}{180} \right) + \frac{H_1}{m} + \frac{n}{m} = 7.225$$

$$\alpha := \text{atan} \left( \frac{\frac{H}{m} + d + \frac{n}{m} - y}{x} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = 13.638$$

$$X := \frac{x}{\frac{H}{m} + \frac{n}{m}} = 1.036$$

$$\lambda := \frac{y}{\frac{H}{m} + \frac{n}{m}} = 0.945$$

$$\varepsilon := \frac{d}{\frac{H}{m} + \frac{n}{m}} = 0.196$$

Se busca determinar el  $\phi_{mob}$  en la interacción que cumpla el valor de equilibrio de la ecuación sea =0.0

$\phi_{mob.} := 21.458$  Cambiar este valor hasta que se cumpla la condicional

$$\delta_{mob.} := \frac{2}{3} \cdot \phi_{mob.} = 14.305 \text{ Teoría Coulomb}$$

$$\theta := 0$$

$$\beta := 0$$

$$K_{pmob} := \left( \frac{\cos \left( \left( \phi_{mob.} + \theta \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right)^2}{\cos \left( \left( \theta \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right)^2 \cdot \cos \left( \left( \delta_{mob.} - \theta \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right) \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{\sin \left( \left( \delta_{mob.} + \phi_{mob.} \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right) \cdot \sin \left( \left( \phi_{mob.} + \beta \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right)}{\cos \left( \left( \delta_{mob.} - \theta \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right) \cdot \cos \left( \left( \beta - \theta \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right)}} \right)^2} \right) = 3.179$$

$$K_{amob} := \frac{\left( 1 - \sin \left( \left( \phi_{mob.} \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right)}{\left( 1 + \sin \left( \left( \phi_{mob.} \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right)} = 0.464 \quad \text{Teoría Coulomb}$$

$$\text{Ecuación}_{0.verificación} := (1 + \varepsilon + \lambda) \cdot \left( X - K_{pmob} \cdot \varepsilon^2 \cdot \sin \left( \delta_{mob.} \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right) + \frac{\left( K_{pmob} \cdot \varepsilon^2 \cdot \cos \left( \delta_{mob.} \cdot \frac{\pi}{180} \right) - K_{amob} \cdot \lambda^2 \right)}{\left( \tan \left( \left( \phi_{mob.} - \alpha \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right)} = 0$$

$$V_{Ecuacion0} := \text{if} (Ecuacion_{0.verificación} \leq 0.0, \text{"Cumple"}, \text{"No Cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

Luego de verificar que la iteración del  $\phi_{mob.}$  cumple con su verificación de la  $Ecuacion_{0.verificación}$ , procedemos a encontrar su FS de las 2 primeras líneas de anclaje, (si no cumple la verificación volver a modificar el valor de  $\phi_{mob.}$  hasta q esta ecuación cumpla.

$$FS_{2primerasfilas} := \frac{\tan\left(\phi \cdot \frac{\pi}{180}\right)}{\tan\left(\phi_{mob.} \cdot \frac{\pi}{180}\right)} = 1.988$$

Ahora se comprobara si  $FS_{2primerasfilas}$  cumple con su verificación

$$V_{FS2primerasfilas} := \text{if} (FS_{2primerasfilas} \leq 1.5, \text{"No Cumple"}, \text{"Cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

Ahora que cumple el  $FS_{2primerasfilas}$ , procedemos hallar las longitudes de las primeras líneas de anclaje

$$Lt := LT_{verificado} = 9.82 \quad \text{Longitud total de las primeras líneas de Anclaje}$$

$$Ll := Lt - l_b = 5.25 \quad \text{Longitud libre de las primeras líneas de Anclaje}$$

$$l_b = 4.57 \quad \text{Longitud de bulbo de las primeras líneas de Anclaje}$$

Hallando la ultima fila de anclajes

$$\phi = 38 \quad FS = 2 \quad \phi_{mob} = 21.338 \quad \delta_{mob} = 21.338 \quad S_h = 2$$

$$\psi = 30 \quad qs = 12 \frac{kN}{m^2} \quad \gamma = 18.5 \frac{kN}{m^3} \quad H = 7 \text{ m} \quad H_{n.1} = 2.5 \text{ m} \quad LT_{verificado} = 9.82$$

$$n = 0.649 \text{ m}$$

$$x_1 = 7.927$$

$$y_u := \left( LT_{\text{verificado}} - \frac{S_h}{3} \right) \cdot \sin \left( \psi \cdot \frac{\pi}{180} \right) + \frac{H}{m} - \frac{H_{n.1}}{m} + \frac{n}{m} = 9.725$$

$$\alpha_u := \text{atan} \left( \frac{\frac{H}{m} + d + \frac{n}{m} - y_u}{x_u} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = -4.161$$

$$X_u := \frac{x_u}{\frac{H}{m} + \frac{n}{m}} = 1.036$$

$$\lambda_u := \frac{y_u}{\frac{H}{m} + \frac{n}{m}} = 1.272$$

$$\varepsilon_u := \frac{S_h}{\frac{H}{m} + \frac{n}{m}} = 0.261$$

Ahora busca determinar el  $\phi_{mob.u}$  en la interacción que cumpla el valor de equilibrio de la ecuación sea =0.0 para las ultimas filas de Anclajes

$\phi_{mob.u} := 14.092$  Cambiar este valor hasta que se cumpla la condicional

$\delta_{mob.u} := \frac{2}{3} \cdot \phi_{mob.u} = 9.395$  Teoría Coulomb

$\theta_u := 0$

$\beta_u := 0$

$$K_{pmob.u} := \left( \frac{\cos \left( \left( \phi_{mob.u} + \theta_u \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right)^2}{\cos \left( \theta_u \cdot \frac{\pi}{180} \right)^2 \cdot \cos \left( \left( \delta_{mob.u} - \theta_u \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right) \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{\left( \sin \left( \left( \delta_{mob.u} + \phi_{mob.u} \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right) \cdot \sin \left( \left( \phi_{mob.u} + \beta_u \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right)^2}{\cos \left( \left( \delta_{mob.u} - \theta \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right) \cdot \cos \left( \left( \beta_u - \theta_u \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right)}}} \right)^2 \right) = 2.024$$

$$K_{amob.u} := \frac{\left( 1 - \sin \left( \phi_{mob.u} \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right)}{\left( 1 + \sin \left( \phi_{mob.u} \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right)} = 0.608 \text{ Teoría Coulomb}$$

$$Ecuación_{0.verificación.u} := (1 + \varepsilon_u + \lambda_u) \cdot \left( X_u - K_{pmob.u} \cdot \varepsilon_u^2 \cdot \sin \left( \delta_{mob.u} \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right) + \frac{\left( K_{pmob.u} \cdot \varepsilon_u^2 \cdot \cos \left( \delta_{mob.u} \cdot \frac{\pi}{180} \right) - K_{amob.u} \cdot \lambda_u^2 \right)}{\left( \tan \left( \left( \phi_{mob.u} - \alpha_u \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right)} = 0$$

$$V_{Ecuacion0.u} := \text{if} \left( Ecuación_{0.verificación.u} \leq 0.0, \text{"Cumple"}, \text{"No Cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

Luego de verificar que la iteración del  $\phi_{mob.u}$  cumple con su verificación de la  $Ecuación_{0.verificación.u}$ , procedemos a encontrar su FS de las ultimas filas de anclaje, (si no cumple la verificación volver a modificar el valor de  $\phi_{mob.u}$  hasta q esta ecuación cumpla.

$$FS_{ultimasfilas} := \frac{\tan \left( \phi \cdot \frac{\pi}{180} \right)}{\tan \left( \phi_{mob.u} \cdot \frac{\pi}{180} \right)} = 3.112$$

Ahora se comprobara si  $FS_{2primerasfilas}$  cumple con su verificación

$$V_{ultimasfilas} := \text{if} (FS_{ultimasfilas} \leq 1.5, \text{"No Cumple"}, \text{"Cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

Ahora que cumple  $FS_{ultimasfilas}$  procedemos hallar sus longitudes de las ultimas filas

$$Lt_u := LT_{verificado} = 9.82 \quad \text{Longitud total de la ultima fila de Anclaje}$$

$$Ll_u := Lt - l_b = 5.25 \quad \text{Longitud libre de la ultima fila de Anclaje}$$

$$l_b = 4.57 \quad \text{Longitud de bulbo de la ultima fila de Anclaje}$$

Ahora se procederá a hallar la profundidad de empotramiento

$$H = 7 \text{ m} \quad \gamma = 18.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\phi = 38$$

$$Kp := \tan \left( \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right)^2 = 4.204 \quad \text{Rankine para el Kp}$$

$$KA := \frac{\left( 1 - \sin \left( \phi \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right)}{\left( 1 + \sin \left( \phi \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right)} = 0.238$$

$$R_B = 25.014 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$FS_p := 0$$

iteración para hallar el "d"

$$dp := 0.84$$

$$EQ := 0.5 \cdot (Kp) \cdot \left( \frac{Y}{\frac{kN}{m^3}} \cdot dp^2 \right) - KA \cdot \left( \frac{Y}{\frac{kN}{m^3}} \cdot \frac{H}{m} \cdot dp + 0.5 \cdot \frac{Y}{\frac{kN}{m^3}} \cdot dp^2 \right) - FS_p \cdot \frac{R_B}{\frac{kN}{m}} = 0.007$$

$$d = 1.5$$

verificando el "d" de empotramiento

$$V_d := \text{if}(d \geq 1.5, \text{"Cumple"}, \text{"No Cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

Analizando la condición sísmica interna de la estabilidad del muro

$$k_h := 0.15 \quad k_v := 0$$

$$\omega_1 := \text{atan} \left( \frac{k_h}{(1 - k_v)} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = 8.531$$

$$H = 7 \text{ m}$$

$$qs = 12 \frac{kN}{m^2}$$

$$\gamma = 18.5 \frac{kN}{m^3}$$

$$\phi = 38$$

$$\delta := 0 \quad \text{Angulo de fricción entre el suelo y muro}$$

$$\theta = 0 \quad \text{Angulo de inclinación del muro}$$

$$\beta = 0$$

$$K_{AE} := \frac{\cos\left(\left(\phi - \omega_1 - \theta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)^2}{\cos\left(\omega_1\right) \cdot \cos\left(\theta\right) \cdot \cos\left(\theta + \delta + \omega_1\right) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\left(\sin\left(\phi + \delta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \sin\left(\phi - \omega_1 - \beta\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)^2}{\cos\left(\delta + \theta + \omega_1\right) \cdot \cos\left(\beta - \theta\right) \cdot \frac{\pi}{180}}}\right)} = 0.321$$

$$K_A := \tan\left(\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)^2 = 0.238 \quad \text{Encontrando el } K_A \text{ por Rankine}$$

$$E_{AE} := 0.5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_{AE} \cdot (1 - k_v) \cdot \left(1 + \left(\frac{2 \cdot q_s}{\gamma \cdot H}\right) \cdot \frac{\cos\left(\theta \cdot \frac{\pi}{180}\right)}{\cos\left((\beta - \theta) \cdot \frac{\pi}{180}\right)}\right) = 172.553 \frac{kN}{m}$$

$$E_A := 0.5 \cdot \gamma \cdot K_A \cdot H^2 = 107.821 \frac{kN}{m}$$

$$E_s := q_s \cdot H \cdot K_A = 19.982 \frac{kN}{m} \quad \text{Valor del Empuje de Sobrecarga activo}$$

$$E_{s.sismo} := q_s \cdot H \cdot (K_{AE} - K_A) = 6.997 \frac{kN}{m} \quad \text{Valor del Empuje activo sísmico}$$

$$E_E := E_{AE} - E_A - E_s - E_{s.sismo} = 37.754 \frac{kN}{m} \quad \text{Valor del Empuje sísmico del suelo}$$

Ahora es necesario encontrar los diagramas aparentes de tierra



$$H_1 = 2 \text{ m}$$

$$H_2 = 2.5$$

$$H_{n.1} = 2.5 \text{ m}$$

$$P := \frac{E_A}{H - \frac{1}{3} \cdot H_1 - \frac{1}{3} \cdot H_{n.1}} = 19.604 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{valor sobre la presión activa}$$

$$T_{H1A} := \left( \frac{2}{3} \cdot H_1 + \frac{1}{2} \cdot (H_2 \cdot \text{m}) \right) \cdot P = 50.643 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_E := \frac{2 \cdot (E_E)}{H} = 10.787 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Valor bajo Sismo}$$

$$T_{H1E} := \left( \frac{P_E \left( 2 \cdot H - H_1 - \left( \frac{H_2}{2} \cdot \text{m} \right) \right)}{2 \cdot H} \right) \cdot \left( H_1 + \left( \frac{H_2}{2} \cdot \text{m} \right) \right) = 26.919 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_{ST} := \left( \frac{E_s + E_{s.sismo}}{H} \right) = 3.854 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Valor total de Sobrecarga}$$

$$T_{H1ST} := \left( H_1 + \frac{1}{2} \cdot (H_2 \cdot \text{m}) \right) \cdot P_{ST} = 12.526 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$T_{H1} := T_{H1A} + T_{H1E} + T_{H1ST} = 90.088 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$S_h = 2$$

$$\psi = 30$$

$$T_{D1} := \frac{T_{H1} \cdot S_h}{\cos\left(\psi \cdot \frac{\pi}{180}\right)} = 208.048 \frac{kN}{m}$$

Ahora procedemos a verificar que nuestra Tensión del diagrama sea  $\leq$  a la Tensión del Diseño inicial

$$V_{TD1} := \text{if}(T_{D1} \leq T_{\text{diseño}}, \text{"Cumple"}, \text{"No Cumple"}) = \text{"Cumple"}$$

Analizando condición sísmica externa de estabilidad

$$k_h = 0.15 \quad k_v = 0 \quad \delta = 0 \quad \beta = 0 \quad H = 7 \text{ m} \quad H_2 = 2.5 \quad d = 1.5$$

$$\omega_1 = 8.531 \quad \phi = 38 \quad \theta = 0 \quad \psi = 30 \quad H_1 = 2 \text{ m} \quad H_{n,1} = 2.5 \text{ m}$$

Angulo de inclinación de la falla externa

$$A := \tan\left(\left(\phi - \beta - \omega_1\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right) = 0.565$$

$$B := \tan\left(\left(\delta + \beta + \omega_1\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right) = 0.15$$

$$P_A := (\phi - \omega_1) + \text{atan}\left(\left(\frac{(A \cdot (A^2 + 1) \cdot (A + B))^{0.5} - A^2}{1 + B \cdot (A^2 + 1)}\right)\right) \cdot \frac{180}{\pi} = 48.399$$

1ra Fila de Anclajes

$$L_{1L} := \frac{(H + (d \cdot m) - H_1) \cdot \sin\left(\left(90 - P_A\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)}{\sin\left(\left(P_A + \psi\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)} + (X \cdot m) = 5.906 \text{ m}$$

$LL := 5.91 \text{ m}$  Redondeamos la longitud libre del resultado del  $L_{1L}$  y lo colocamos como  $LL$

$$LB := l_b \cdot m = 4.57 \text{ m}$$

$$LT := LL + LB = 10.48 \text{ m}$$

2da Fila de Anclajes

$$L_{2L} := \frac{\left(\left(H_2 \cdot m\right) + H_{n,1} + (d \cdot m)\right) \cdot \sin\left(\left(90 - P_A\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)}{\sin\left(\left(P_A + \psi\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)} + (X \cdot m) = 5.906 \text{ m}$$

$LL_2 := 5.91$  Redondeamos la longitud libre del resultado del  $L_{2L}$  y lo colocamos como  $LL_2$

$$LB = 4.57 \text{ m}$$

$$LT_2 := LL + LB = 10.48 \text{ m}$$

### 3ra Fila de Anclajes

$$L_{3L} := \frac{(H_{n.1} + (d \cdot m)) \cdot \sin\left(\left(90 - P_A\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)}{\sin\left(\left(P_A + \psi\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right)} + (X \cdot m) = 4.211 \text{ m}$$

$LL_3 := 5.91 \text{ m}$  debido a que  $L_{3L}$  de anclaje es menor a sus anteriores filas de anclaje, se considera el mismo valor obtenido en las 2 primeras filas de anclaje, en este caso ese valor fue de  $5.91 \text{ m}$ , cabe precisar que esto queda a criterio del Ing. estructural, ya que puede solo redondear el resultado a un numero entero, pero para esta investigación se considerara el valor obtenido en las 2 primeras filas de anclaje por un tema de uniformidad.

$$LB = 4.57 \text{ m}$$

$$LT_3 := LL + LB = 10.48 \text{ m}$$



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, PINTO BARRANTES RAUL ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "DISEÑO DE MUROS ANCLADOS PARA SÓTANO CON DOS NIVELES APLICANDO FHWA Y PTI, PUEBLO LIBRE – 2022", cuyo autor es SANTANDER VARGAS JESUS JOHNNATHAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 29 de Noviembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
PINTO BARRANTES RAUL ANTONIO <b>DNI:</b> 07732471 <b>ORCID:</b> 0000-0002-9573-0182	Firmado electrónicamente por: RPINTOBA el 18-12- 2022 21:00:53

Código documento Trilce: TRI - 0460421