



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Tesis

# **Capacidad portante de suelos y el comportamiento sísmico de edificaciones en el conjunto habitacional Los Sauces Banda de Shilcayo**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**Autores:**

Segundo Hidalgo Saldaña

<https://orcid.org/0009-0000-5120-8459>

Edwin Alberto Delgado Navarro

<https://orcid.org/0009-0007-6644-4084>

**Asesor:**

Ing. M.sc Víctor Eduardo Samamé Zatta

<https://orcid.org/0000-0003-3096-0515>

**Tarapoto, Perú**

**2024**



**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Tesis

# **Capacidad portante de suelos y el comportamiento sísmico de edificaciones en el conjunto habitacional Los Sauces Banda de Shilcayo**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**Presentado por**

Segundo Hidalgo Saldaña

Edwin Alberto Delgado Navarro

**Sustentado y aprobado el 25 de abril de 2024, por los jurados:**

**Presidente de Jurado**  
Ing. M.sc. Rubén Del Águila Panduro

**Secretario de Jurado**  
Ing. M.sc. Carlos Enrique Chung Rojas

**Vocal de Jurado**  
Ing. M.sc. Carlos Segundo Huamán  
Torrejón

**Asesor**  
Ing. M.sc Víctor Eduardo Samamé Zatta

**Tarapoto, Perú**

**2024**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE SAN MARTIN

FACULTAD DE  
INGENIERIA CIVIL  
Y ARQUITECTURA



*Año de la Aniversario de la consolidación de nuestra Independencia y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho*



*Acta de Sustentación de Trabajo de  
Investigación Para Título de  
Ingeniero Civil N° 794*



Jurado reconocido con Resolución N° 168-2022-UNSM/FICA-CF-NLU

Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura

Escuela profesional de Ingeniería Civil

A las 12 horas del día Jueves 25 de Abril del 2024, inició al acto público de sustentación del trabajo de investigación: "CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS Y EL COMPORTAMIENTO SISMICO DE EDIFICACIONES EN EL CONJUNTO HABITACIONAL LOS SAUCES BANDA DE SHILCAYO" para optar el título de Ingeniero Civil, presentado por el Bach. Segundo Hidalgo Saldaña y el Bach. Edwin Alberto Delgado Navarro, con la asesoría del Ing. M. Sc. Victor Eduardo Samamé Zatta.

Instalada la Mesa Directiva conformada por Dr. Ing. M. Sc. Rubén Del Águila Panduro (presidente del jurado), Ing. M. Sc. Carlos Enrique Chung Rojas (secretario), Ing. M. Sc. Carlos Segundo Huamán Torrejón (vocal), y acompañados por Ing. M. Sc. Victor Eduardo Samamé Zatta (asesor); el presidente del jurado dirigió brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la Circular N° 009-2024-UNSM/FICA.

Seguidamente el autor expuso el trabajo de investigación y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y eventualmente, con la venia del jurado, por el asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz pero sin voto, sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG - CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue Dieciséis (...16...); tal como se deja constar en la siguiente descripción:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA



Acta de la Mesa del Examen de la sustentación de nuestra Independencia y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho

De acuerdo con el Artículo 40° del RG - CTI, la nota obtenida es *Aprobatoria* y correspondiente a la calificación de *Dieciséis (16)* dado este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo de treinta (30) días calendario.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de Sustentaciones N° *799* De la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del trabajo de investigación en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las *13:25* horas, el mismo día de *Jueves 25 de Abril* del 20 *24*



M. Sc. Carlos Enrique Chung Rojas  
Secretario del Jurado



Ing. M. Sc. Rubén Águila Panduro  
Presidente del Jurado



Ing. M. Sc. Carlos Segundo Mamán Torrejón  
Vocal del Jurado



Segundo Hidaigo Saldaña  
Autor



Edwin Alberto Delgado Navarro  
Autor



Ing. Victor Eduardo Zamamé Zatta  
Asesor

## Declaratoria de Autenticidad

**Segundo Hidalgo Saldaña**, con DNI N° 73472899 y **Edwin Alberto Delgado Navarro**, con DNI N° 75402662, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, autores de la tesis titulada: **Capacidad portante de suelos y el comportamiento sísmico de edificaciones en el conjunto habitacional Los Sauces Banda de Shilcayo**.

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencia de las fuentes bibliográficas consultadas, siguiendo las normas APA actuales
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 25 de abril de 2024.



**Segundo Hidalgo Saldaña**  
DNI N° 73472899



**Edwin Alberto Delgado Navarro**  
DNI N° 75402662

## Ficha de identificación

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Título del proyecto</b></p> <p>Capacidad portante de suelos y el comportamiento sísmico de edificaciones en el conjunto habitacional Los Sauces Banda de Shilcayo.</p> | <p><b>Área de investigación:</b> Construcciones</p> <p><b>Línea de investigación:</b> Estrategias de tecnologías de información Y comunicación (TIC) y sistemas constructivos convencionales Y no convencionales Para el desarrollo sostenible.</p> <p><b>Sublínea de investigación:</b> Mejoramiento estructural de las edificaciones</p> <p><b>Grupo de investigación:</b> Resolución N° 251-2022-UNSM/FICA-CF-NLU</p> <p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada</p> |
| <p><b>Autores:</b></p> <p>Segundo Hidalgo Saldaña</p> <p>Edwin Alberto Delgado Navarro</p>   | <p>Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</p> <p><a href="https://orcid.org/0009-0000-5120-8459">https://orcid.org/0009-0000-5120-8459</a></p> <p><a href="https://orcid.org/0009-0007-6644-4084">https://orcid.org/0009-0007-6644-4084</a></p>  |
| <p><b>Asesor:</b></p> <p>Ing. M.sc. Víctor Eduardo Samamé Zatta</p>  | <p><b>Dependencia local de soporte:</b></p> <p>Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</p> <p>Unidad o Laboratorio Ingeniería Civil</p> <p><a href="https://orcid.org/0000-0003-3096-0515">https://orcid.org/0000-0003-3096-0515</a></p>  |

## **Dedicatoria**

A mis progenitores; Segundo y Norma, por su esfuerzo y apoyo que me brindaron para poder cumplir con esta meta, y que con su gran sacrificio a través de estos años pudieron guiarme por este camino de éxito.

A mis hermanos, primos y tíos, que estuvieron acompañándome a lo largo de esta etapa, por la ayuda motivacional, y los infaltables consejos que me inculcaron, que hicieron de mí una mejor persona y que una forma u otra me acompañan en este camino llamado vida.

Mi total confianza y estima a mis amigos y docentes, a quienes, con el paso de los años y las circunstancias, nos fuimos conociendo y confraternizando, se ganaron por tanta paciencia durante mi vida universitaria y la que continúa como profesional.

### **Segundo Hidalgo Saldaña**

Dedico mi esfuerzo y sacrificio en estos cinco años de carrera a Dios en primer lugar, por darme la bendición de tener con vida a mi mamá Isabel y mis papitos Alberto y Teófila, quienes han sido mi principal apoyo y soporte en mis 23 años de vida, y por ser las personas que siempre están en todo momento y circunstancia a mi lado. A mis tíos, tías, primos y primas, quienes me han apoyado en todas las diferentes fases de mi existencia. Así como se lo dedico a cada uno de mis parientes que han sido partícipes de mis éxitos y fracasos durante estos años.

A ustedes se los dedico con todo mi amor.

**Edwin Alberto Delgado Navarro**

## **Agradecimiento**

Tanto yo como mi familia nos convertimos y continuamos aprendiendo a ser mejores personas gracias a Dios por brindarme salud y guiarme día a día con sabiduría y paciencia en esta travesía llamada vida.

A mis padres y familiares en general, muchas gracias por haberme brindado el apoyo moral también económico, que de alguna manera u otra se preocuparon y me dieron a entender que no estaba solo en esta travesía, y donde fueron el motivo para no decaer y seguir adelante, demostrando la confianza hacia mi persona y con ello poder afrontar las adversidades de la vida.

A la UNSM, y a la EAPIC , donde obtuve conocimientos teóricos, prácticos, laborales y habilidades que nos capacitan para ser profesionales y desempeñar una gran labor en beneficio de la población.

### **Segundo Hidalgo Saldaña**

Agradezco primero a Dios porque no hubiera logrado nada sin su ayuda. Agradezco Al todopoderoso por las bendiciones que me da. A mi madre Isabel y a mis padres Alberto y Teófila, por formar la persona que soy hoy, por inculcarme valores desde niño, por nunca dejarme solo, por enseñarme a luchar por mis ideales y hoy a cumplir esta meta tan anhelada por mí. Gracias, papitos queridos, por estar siempre a mi lado.

Agradezco a toda mi familia en general por el soporte que necesito en algún momento, por confiar siempre en mí y por todos los consejos que siempre me han dado.

A mis compañeros y amigos por la ayuda brindada sin ningún interés de por medio, gracias por el apoyo que me brindaron en el momento que lo necesitaba.

Gracias a mis maestros que han compartido sus enseñanzas y conocimientos en el campo de la ingeniería civil.

Gracias a Segundo Hidalgo Saldaña, mi compañero de tesis, por permitirme compartir este proyecto contigo. Y a todos aquellos que me han ayudado en algún momento con mi investigación.

### **Edwin Alberto Delgado Navarro**

## Índice general

|  |    |
|--|----|
| Ficha de identificación.....                               | 6  |
| Dedicatoria .....  | 7  |
| Agradecimiento .....                                       | 8  |
| Índice general.....  | 9  |
| Índice de tablas .....                                     | 11 |
| Índice de figuras.....                                     | 12 |
| RESUMEN .....  | 13 |
| ABSTRACT .....   | 14 |
| CAPITULO I .....   | 15 |
| INTRODUCCION A LA INVESTIGACION .....                      | 15 |
| 1.1 Marco general del problema.....                        | 15 |
| 1.2 Formulación del problema de investigación.....         | 15 |
| 1.3 Hipótesis de investigación.....                        | 16 |
| 1.4 Objetivos .....  | 16 |
| 1.4.1 Objetivo general.....                                | 16 |
| 1.4.2 Objetivos específicos.....                           | 16 |
| CAPITULO II .....  | 17 |
| MARCO TEÓRICO .....  | 17 |
| 2.1 Antecedentes de la investigación.....                  | 17 |
| 2.1.1 Antecedentes Internacionales .....                   | 17 |
| 2.1.2 Antecedentes Nacionales.....                         | 17 |
| 2.1.3 Antecedentes Locales .....                           | 18 |
| 2.2 Fundamentos teóricos .....                             | 19 |
| CAPITULO III .....   | 28 |
| MATERIALES Y MÉTODOS .....                                 | 28 |
| 3.1 Ámbito y condiciones de la investigación .....         | 28 |
| 3.1.1 Ubicación política.....                              | 28 |
| 3.1.2 Ubicación geográfica .....                           | 28 |
| 3.1.3 Periodo de ejecución .....                           | 29 |
| 3.1.4 Autorizaciones y permisos.....                       | 29 |
| 3.1.5 Control ambiental y protocolos de bioseguridad.....  | 30 |
| 3.1.6 Aplicación de principios éticos internacionales..... | 30 |
| 3.2 Sistema de variables .....                             | 30 |
| 3.2.1 Variables principales.....                           | 30 |
| 3.2.2 Variables secundarias.....                           | 32 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.3   | Procedimientos de la investigación .....   | 32 |
| 3.3.1 | Objetivo específico 1: Exploración, georreferenciación y muestreo de suelos en el Conjunto Habitacional los Sauces Banda de Shilcayo. ....               | 32 |
| 3.3.2 | Objetivo específico 2: Estudio de suelos .....   | 33 |
| 3.3.3 | Objetivo específico 3: Elaborar los perfiles estratigráficos de los suelos en estudio. ....  | 33 |
| 3.3.4 | Objetivo específico 4: Determinación de la capacidad portante de los suelos. ....  | 33 |
| 3.3.5 | Objetivo específico 5: Elaborar un mapa de zonificación de los suelos .....  | 39 |
| 3.3.6 | Objetivo específico 6: Simulación del comportamiento sísmico de las edificaciones, usando el software SAP 2000. ....                                     | 39 |
|       | CAPITULO IV .....  | 49 |
|       | RESULTADOS Y DISCUSION.....  | 49 |
| 4.1   | Resultados del objetivo específico 1: Exploración, georreferenciación y muestreo de suelos en el Conjunto Habitacional los Sauces Banda de Shilcayo..... | 49 |
| 4.2   | Resultados del objetivo específico 2: Estudio de suelos.....   | 50 |
| 4.3   | Resultados del objetivo específico 3: Elaborar los perfiles estratigráficos de los suelos en estudio. ....   | 51 |
| 4.4   | Resultados del objetivo específico 4: Determinación de la capacidad portante de los suelos. ....   | 53 |
| 4.5   | Resultados del objetivo específico 5: Elaborar un mapa de zonificación de los suelos. ....   | 54 |
| 4.6   | Resultados del objetivo específico 6: Simulación del comportamiento sísmico de las edificaciones, usando el software SAP 2000.....                       | 56 |
|       | CONCLUSIONES .....   | 62 |
|       | RECOMENDACIONES .....  | 63 |
|       | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....   | 64 |
|       | ANEXOS.....  | 68 |
|       | Anexo 01 .....   | 68 |
|       | Anexo 02 .....   | 69 |
|       | Anexo 03 .....   | 70 |
|       | Anexo 04 .....   | 71 |
|       | Anexo 05 .....   | 72 |
|       | Anexo 06 .....   | 76 |

## Índice de tablas

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1</b> Ubicación política del ámbito de estudio.....                      | 28 |
| <b>Tabla 2</b> Operacionalización de las variables.....                           | 31 |
| <b>Tabla 3</b> Ensayos de suelos desarrollados en laboratorio .....               | 33 |
| <b>Tabla 4</b> Datos para diseño.....   | 34 |
| <b>Tabla 5</b> Datos de calicata 01 .....   | 35 |
| <b>Tabla 6</b> Datos de calicata 02 .....   | 36 |
| <b>Tabla 7</b> Datos de calicata 03 .....   | 36 |
| <b>Tabla 8</b> Datos de calicata 06 .....   | 37 |
| <b>Tabla 10</b> Datos de calicata 10 .....  | 38 |
| <b>Tabla 11</b> Pesos de Cargas según NTP E.020.....                              | 43 |
| <b>Tabla 12</b> Parámetros generales .....  | 45 |
| <b>Tabla 13</b> Referencia de la ubicación de las 12 calicatas .....              | 49 |
| <b>Tabla 14</b> Resultados de los ensayos de suelos .....                         | 50 |
| <b>Tabla 15</b> Resultados de la estratigrafía del suelo .....                    | 51 |
| <b>Tabla 16</b> Resultados del cálculo de capacidad portante .....                | 53 |
| <b>Tabla 17</b> Resultados de zonificación según su clasificación .....           | 54 |
| <b>Tabla 18</b> Resultados de zonificación según su capacidad portante.....       | 54 |
| <b>Tabla 19</b> Tipos de irregularidades en planta y altura en edificaciones..... | 56 |
| <b>Tabla 20</b> Desplazamientos de laterales de la estructura (Deriva max).....   | 60 |
| <b>Tabla 21</b> Ratios de masas modales participantes .....                       | 60 |
| <b>Tabla 22</b> Matriz de consistencia .....                                      | 68 |

## Índice de figuras

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Figura 1</b>  | Fases del suelo.....  | 21 |
| <b>Figura 2</b>  | Curva de distribución granulométrica.....                                 | 24 |
| <b>Figura 3</b>  | Ubicación regional, provincial y distrital .....                          | 28 |
| <b>Figura 4</b>  | Edificación típica de la zona .....                                       | 40 |
| <b>Figura 5</b>  | Sección de losa aligerada típica.....                                     | 40 |
| <b>Figura 6</b>  | Sección de Viga Principal (25x30) cm.....                                 | 41 |
| <b>Figura 7</b>  | Sección de Viga Secundaria (25x30) cm .....                               | 41 |
| <b>Figura 8</b>  | Sección de Viga Escalera (12x20) cm .....                                 | 42 |
| <b>Figura 9</b>  | Sección de Columna (30x30) cm .....                                       | 42 |
| <b>Figura 10</b> | Datos de placa armada.....  | 43 |
| <b>Figura 11</b> | Cargas ingresadas en el programa Sap 2000 .....                           | 43 |
| <b>Figura 12</b> | Pórtico en elevación y planta.....  | 44 |
| <b>Figura 13</b> | Datos del concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> .....                     | 45 |
| <b>Figura 14</b> | Espectro de pseudo aceleraciones. ....                                    | 46 |
| <b>Figura 15</b> | Espectro respuesta sísmico dirección X. ....                              | 47 |
| <b>Figura 16</b> | Espectro respuesta sísmico dirección Y.....                               | 47 |
| <b>Figura 17</b> | Participación de la masa. ....  | 48 |
| <b>Figura 18</b> | Diseño analítico, muestral y experimental. ....                           | 48 |
| <b>Figura 19</b> | Plano de zonificación Z-01, según la clasificación del tipo de suelo..... | 55 |
| <b>Figura 20</b> | Plano de zonificación Z-02, según la clasificación del tipo de suelo..... | 55 |
| <b>Figura 21</b> | Deformación de una estructura de 4 niveles con zapatas aisladas. ....     | 57 |
| <b>Figura 22</b> | Desplazamiento en la dirección X-X. ....                                  | 58 |
| <b>Figura 23</b> | Deriva inelástica de sismo en la dirección X-X.....                       | 58 |
| <b>Figura 24</b> | Desplazamiento en la dirección Y-Y. ....                                  | 59 |
| <b>Figura 25</b> | Deriva inelástica de sismo en la dirección Y-Y.....                       | 59 |

## RESUMEN

Capacidad portante de suelos y el comportamiento sísmico de edificaciones en el conjunto habitacional los Sauces Banda de Shilcayo.

La investigación actual examinó cómo la capacidad portante de los suelos afecta el comportamiento sísmico de las estructuras en Los Sauces, banda de Shilcayo. Teniendo en cuenta que la capacidad portante es aceptable según criterios funcionales, esta capacidad es muy útil y necesaria en la construcción de viviendas porque las estructuras deben soportar movimientos sísmicos a gran escala y ser resistentes.

El objetivo principal es calcular las capacidades portantes de los suelos y el comportamiento sísmico de las estructuras en el conjunto residencial Los Sauces Banda de Shilcayo. Por lo tanto, la investigación es considerada de tipo aplicada con nivel explicativo y lo cual se utiliza el diseño no experimental.

**Palabras Clave:** Suelo, ensayo triaxial, capacidad portante, comportamiento sísmico, SAP 2000

## ABSTRACT

Bearing capacity of soils and seismic behavior of buildings in the housing complex Los Sauces, Banda de Shilcayo.

The present investigation examined how the bearing capacity of soils affects the seismic behavior of structures in Los Sauces, La Banda de Shilcayo. Considering that bearing capacity is acceptable according to functional criteria, this capacity is very useful and necessary in housing construction because structures must withstand large-scale seismic movements and be resistant.

The main objective is to calculate the bearing capacities of the soils and the seismic behavior of the structures in the residential complex Los Sauces, Banda de Shilcayo. Therefore, the research is considered to be of an applied type with an explanatory level and a non-experimental design is used.

**Keywords:** Soil, triaxial test, bearing capacity, seismic behavior, SAP 2000



# CAPITULO I

## INTRODUCCION A LA INVESTIGACION

### 1.1 Marco general del problema

Las cimentaciones, ya sean superficiales o profundas son de gran importancia ya que a ellos se transmiten todas las cargas de la edificación y se disipan a través del suelo. Los suelos juegan el papel importante en una cimentación de una estructura ya que son las que derivan y disipan las cargas transmitidas, pero todo obedece un diseño de la cimentación, y así el suelo no sufra asentamiento diferenciales considerables, que afecten a los elementos estructurales, si se tiene una capacidad de suelo muy bajo o pobre se hará un mejoramiento en suelo o se diseñara una cimentación profunda, si la capacidad del admisible del suelo es de regular a buena solo se diseñaran cimentaciones superficiales , que pueden ser zapatas. comprender la capacidad portante del suelo es muy vital para el diseño correcto de una edificación ya que gracias a esto se obtendrá las mejores dimensiones que soporten todo el peso de la estructura no solo por las cargas vivas y muertas que se presentan, sino que también aportaran ante un evento de la naturaleza como son los sismos. Realizar el correcto diseño estructural de una edificación puede salvaguardar las vidas de las personas que habitan la vivienda ante un eventual sismo o terremoto. En el presente, la totalidad de las edificaciones ubicadas en los Sauces, que pertenecen al distrito de la Banda de Shilcayo, carecen de cimentaciones adecuadas para el tipo de suelo en el que se encuentran, esta incertidumbre hace que nos pongamos a pensar que ante un sismo como será el comportamiento de las estructuras, soportaran o solo simplemente sufrirán algún daño grave, el diseño estructural será el adecuado, se utilizaron los materiales correctos para su construcción y así existen bastantes interrogantes los cuales pueden ser factores que pueden afectar a la edificación durante un evento de la naturaleza. En este momento, la Municipalidad Distrital de la Banda de Shilcayo carece de datos detallados sobre zonificación y características y de la capacidad portante del conjunto habitacional los sauces y por ello nace la necesidad de hacer el estudio de suelos en dicha zona para así aportar con la zonificación y cálculo de la capacidad portante a la población y a la municipalidad.

### 1.2 Formulación del problema de investigación

¿De qué manera influye la capacidad portante de los suelos en el comportamiento sísmico de las edificaciones del conjunto habitacional los Sauces, distrito de la Banda de Shilcayo?

### **1.3 Hipótesis de investigación**

El comportamiento sísmico de las edificaciones en los sauces, Banda de Shilcayo, se ve significativamente afectado por la capacidad portante del suelo.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo general**

1.4.1.1 Determinar la capacidad portante de los suelos y el comportamiento sísmico de las edificaciones en el conjunto habitacional los sauces Banda de Shilcayo.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

1.4.2.1 Exploración, georreferenciación y muestreo de suelos en el Conjunto Habitacional los Sauces Banda de Shilcayo.

1.4.2.2 Estudio de suelos.

1.4.2.3 Elaborar los perfiles estratigráficos de los suelos en estudio.

1.4.2.4 Determinación de la capacidad portante de los suelos.

1.4.2.5 Elaborar un mapa de zonificación de los suelos.

1.4.2.6 Simulación del comportamiento sísmico de las edificaciones, usando el software SAP 2000.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

Castillo (2017), en su proyecto presentado, *“Estudio de zonificación en base a la determinación de la capacidad portante del suelo en las cimentaciones de las viviendas del casco urbano de la parroquia la matriz del Cantón Patate provincia de Tungurahua”*, presento como objetivo general: Zonificar la cimentación de las edificaciones de la zona urbana de la Parroquia la matriz del Cantón Patate, Provincia de Tungurahua, según la capacidad portante de su suelo. Donde concluyó que; En el estudio de la capacidad Portante del suelo para las zonas 01 y 07, si las resistencias superan las 30 toneladas/m<sup>2</sup>, sus cationes se mantendrán fijos a un nivel de Df de 1.50 m. Su resistencia en las siguientes zonas II, IV, V, y VI es de 15.00 tn/m<sup>2</sup>, y sus cimentaciones se edificarán conforme a los parámetros permisibles. La zona III, tiene una capacidad de carga baja de 10.830 tn/m<sup>2</sup> y está libre de heladas, y se sugieren mejoras al suelo y sistema de drenaje, así como construcción de cemento armado para evitar el colapso del suelo por hundimiento. (pp. 02, 137)

Ibarra (2019), en su proyecto presentado: *“Caracterización geotécnica de un sector la ciudad de Neuquén”*, tiene como objetivo general: Contribuir al conocimiento geotécnico de una porción del ejido municipal de Neuquén, como clasificar los suelos según el Sistema (SUCS), recolectar datos freáticos de nivel profundo e identificar unidades geotécnicas encontradas en el subsuelo. Concluye que: se puede estimar que el 40% del área estudiada tiene una aptitud geotécnica elevada dada la presencia de la UG4 a una profundidad menor a 4 metros en promedio. Es vital aclarar que los datos disponibles son observaciones de la superficie del punto; por lo tanto, los resultados obtenidos por interpolación espacial pueden diferir cuando hay más datos de campo disponibles. (pp. 07, 43)

##### 2.1.2 Antecedentes Nacionales

Zamora (2022), en su trabajo de investigación denominada *“Determinación de la capacidad portante del suelo de fundación en las manzanas de Rinconada de Piura II – sub etapa A y B, para fines de vivienda unifamiliar. Veintiséis de octubre, Piura, Piura”*, tiene como objetivo general el cálculo de la Capacidad de Carga de la Superficie de Cimentación en Rinconada de Piura V y sus etapas, para uso de edificación unifamiliar. Concluye que: La Calicata N°01 se realizó en la Manzana 5A. Al desarrollar los análisis correspondientes se encontró que los suelos no tienen límites, correspondiendo a un

suelo SP según el sistema SUCS y a un suelo A-3 (0) según AASHTO. Esto significa que el terreno en Manzana 5A es una arena ligeramente inclinada y también mostró un contenido de humectante del 1,4%. (pp. 02, 110)

Misme (2018), en su proyecto presentado "*Cálculo de la capacidad portante de los suelos de la Zona Nor-Oeste y Nor-Este de la Ciudad de Lampa*", teniendo como objetivo principal conocer la capacidad portante del suelo con fines de diseño de la cimentación superficial de las edificaciones de la ciudad de Lampa, Zonas: Noreste y Noreste, llegando a la conclusión que: los resultados de las características de los suelos lo cual se midieron por los límites de Atterberg, determinan que el índice plástico es alto a una altura menor a 1.50 m, para el tipo de suelo, lo cual fue Arcilla inorgánica de alta plasticidad: como resultado, la capacidad de carga del suelo disminuye y no es apto para la construcción. (pp. 40, 103)

### **2.1.3 Antecedentes Locales**

Guerrero & Vidaurre (2018), en su proyecto denominado "*Estudio de la capacidad portante y zonificación de los suelos del distrito de Cacatachi San Martín – San Martín*", tuvo como objetivo principal la elaboración de un plano de zonificación de las propiedades físicas y mecánicas del terreno del Distrito de Cacatachi, Provincia de San Martín y Región San Martín. concluyó: Se lograron todos los objetivos, incluyendo la creación de los planos de zonificación de los suelos según sus características, identificación de las áreas de mayor y menor capacidad en el área de estudio y cálculos de profundidad de 3,00 m en algunos casos por efectos del nivel freático. (pp. 19, 136)

Piña & Alvarez (2023), en su tesis denominada, "*Capacidad Portante de los suelos, para construcción de viviendas en el Pongo del Caynarachi, Lamas - San Martín*", presentada y sustentada ante la Universidad Nacional de San Martín, tuvo como objetivo general la elaboración de los planos de zonificación a través de su capacidad portante y clasificación de suelos del Pongo de Caynarachi, concluyó con : la realización de los respectivos ensayos de laboratorio de 25 calicatas, las cuales solo se analizó 6 por ensayo triaxial para definir los parámetros geotécnicos que se utilizaron para el desarrollo de la capacidad portante, se obtuvo como resultado de capacidad portante de las siguientes calicatas 08,13,15,16,18 y 25 obteniéndose como resultados: (1.25, 2.07, 0.79, 4.69, 1.32 y 0.66) kg/cm<sup>2</sup> . Y se desarrolló los planos de zonificación obteniéndose 3 zonas. (pp. 17, 70)

## **2.2 Fundamentos teóricos**

### **El suelo**

El regolito, una parte del suelo que sustenta el crecimiento de las plantas, es una mezcla de materia mineral y orgánica, agua y aire. Los cuatro componentes principales siempre están presentes en el suelo, aunque sus proporciones varían (Tarbuck & Lutgens, 2005; p. 187).

En ingeniería, el suelo se puede puntualizar como los sedimentos no consolidados de partículas, que se forman como resultado de la fragmentación y alteración de la roca madre, o suelos trasladados por diversos tipos de agentes como lo son el agua el viento o la helada, apoyados de la gravedad y una fuerza con dirección selectiva, y que contienen materia orgánica. El suelo es un elemento natural que contiene muchas características (Duque & Escobar, 2002; p. 03).

### **Definición de mecánica de suelos**

En 1943 Karl Terzaghi, fijo que la mecánica de los suelos es emplear las leyes de la mecánica y la hidráulica a los ejercicios de ingeniería vinculados con sedimentación y depósitos no firmes de partículas compactas, creadas por la divisiones mecánicas y químicas de la roca. Lo cual se acomoda indistintamente de si lo cual contienen una combinación de constituyentes orgánicos.

En el campo de las propiedades y comportamiento mecánico (MS), se estudia el suelo, se utiliza como materia prima en la construcción de obras o como capa de base para estructuras, principalmente como cimentación, que transporta el peso de la estructura al suelo. El propósito es recolectar y analizar los especímenes, para luego determinar los resultados y sus características tanto físicas como mecánicas. Estos hallazgos se utilizarán en el diseño de diversas obras de ingeniería (Martínez, 2014; p.01).

### **La obtención de muestra de suelo**

Según Crespo (2004), dice que es necesario contar con muestras representativas de un suelo para poder determinar sus propiedades en un laboratorio. Una muestra apropiada y representativa es esencial, dado que posee el mismo valor que los ensayos en su propio sentimiento. Cualquier estudio de los especímenes obtenidos sólo se aplicará al espécimen en sí y no al material del que se deriva, a menos que sea realmente representativo de los materiales destinados a su uso. Hay dos tipos de manifestaciones: modificadas e inalteradas.

Se debe realizar el muestreo de acuerdo con el fin que se persiga para obtener muestras alteradas. Para tomar medidas individuales con una sonda en techo abierto con una sección de 1,50 x 1,50 m y la profundidad necesaria (p. 29).

El método más sencillo para obtener muestras inalteradas consiste en recortar una porción de espécimen de suelo de tamaño que se requiera (normalmente es de 30x30x30 cm), cubriéndolo con vela o parafina para así prevenir mermas de humedad y empacándolo para luego hacer el envío a laboratorio (Crespo, 2004; p. 32).

### **Composición de minerales en el suelo**

Se puede describir mediante 2 tipos de conceptos:

Minerales que constituyen al suelo grueso: Su conjunto químico y sus características físicas pueden estar restringidas o variar dentro de los límites establecidos. La coloración, el brillo, los matices de sus raspaduras, la apariencia de cristalización, la solidez, el aspecto de su fractura y el orden de sus planos cruceros, la firmeza, la capacidad para admitir el paso de ondas y propagaciones (o luz) y la densidad relativa son sus características físicas más atractivas, desde el punto de vista de la identificación.

El cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), la limonita, la magnetita, los sulfatos, cuyos primordiales agentes son la anhidrita y el yeso. Los suelos integrados por granos grandes, los minerales más abundantes son: silicatos, principalmente feldespato, micas, olivino, serpentina, etc.

En los suelos de granos gruesos, la compactación y orientación de sus partículas son los principales factores determinantes del comportamiento mecánico e hidráulico; por lo tanto, la estructura mineralógica es, hasta un punto determinado, secundaria. Esto no debe verse como una razón para que el profesional pierda interés en este tema, ya que la investigación al respecto puede resultar muy informativa más allá de una perspectiva práctica (Juárez & Rico, 2005; p. 37).

Minerales que conforman la arcilla: Los minerales arcillosos se clasifican en tres grandes grupos según su estructura reticular: caolinitas, montmorillonitas y ilitas.

Las caolinitas: Consisten en una lámina sílica y una lámina alumínica que se superponen sin fin. La adherencia entre cada una de las retículas es precisa, para evitar la inserción de partículas de agua entre ellas, eso que se conoce como adsorción. Así pues, en presencia del agua, las arcillas caoliníticas serán parcialmente inalterables.

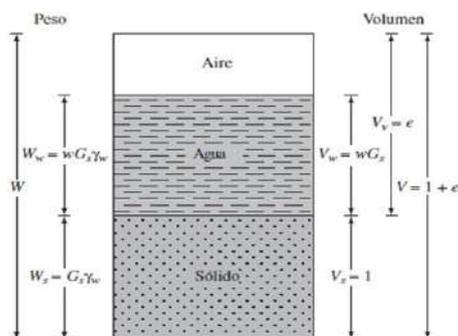
Las montmorillonitas: Son compuestas por la lámina alumínica que se superponen ininterrumpidamente entre dos sílicas. Debido a la energía eléctrica producida por su característica dipolar, la adherencia entre las redes del mineral en este caso es frágil,

eso que permite que las partículas de agua se introduzcan en la composición con relativa facilidad. Las arcillas montmorilloníticas mostrarán una gran tendencia hacia la inestabilidad, en particular en presencia de agua. Las arcillas montmorilloníticas se originan por la descomposición química de las cenizas volcánicas, eso que las convierte en una expansividad típica en su comportamiento mecánico sumamente crítico. Las bentonitas son arcillas del grupo montmorillonítico. Desechadas, estas arcillas se encuentran frecuentemente en el trabajo de campo; por otro lado, ocasionalmente ayudan a los ingenieros a resolver problemas específicos.

Las illitas: Tienen una estructura similar a las montmorillonitas, pero su composición interna muestra una preferencia a conformar grumos materiales que disminuyen la superficie expuesta al agua; como resultado, su expansividad es menos que la de las montmorillonitas y, en general, las arcillas ilíticas se comportan mecánicamente de una manera que resulta más ventajosa para los ingenieros.

### Fases del suelo

En el suelo siempre suelen haber tres tipos; líquida, gaseosa y sólida. El esqueleto mineral, también conocido como la matriz del suelo, es la etapa sólida, constituida por partículas minerales del suelo. Aunque hay otros líquidos que pueden existir, como petróleo o agua salada de mar, la fase líquida se compone principalmente de agua dulce. El aire es parte de la fase gaseosa, aunque también se pueden detectar otros gases como metano, anhídrido carbónico y vapores sulfurosos. Cuando el suelo está sujeto a una fuerte evaporación, la capa viscosa del agua adsorbida, que posee propiedades intermedias entre las fases sólida y líquida, suele incluirse en esta última, pues puede desaparecer (Villalobos, 2016; p. 26).



**Figura 1**

Fases del suelo

Fuente: Braja M. Das (2015, p. 53)

### Relaciones volumétricas

El índice de vacíos es una herramienta única de la Mecánica de Suelos y se usa intensamente. Dado que es una medida de cuánto espacio libre -es decir, la cantidad de tierra o mar que no está ocupada por un esqueleto mineral- proporciona información sobre la densidad del suelo.

$$e = \frac{\text{volumen de vacíos}}{\text{volumen de sólidos}} = \frac{V_v}{V_s} \quad (2.1)$$

Una opción adicional sería expresar el volumen total en relación al volumen de sólidos; es decir, el volumen específico  $v$ , que está relacionado con el índice de vacío.

$$v = \frac{\text{volumen total}}{\text{volumen de sólidos}} = \frac{V_v + V_s}{V_s} = e + 1 \quad (2.2)$$

Porosidad  $\eta$  es también un parámetro regularmente usado, pero en porcentaje.

$$\eta = \frac{\text{volumen de vacíos}}{\text{volumen de total}} = \frac{V_v}{V_t} = \frac{V_v}{V_s + V_v} = \frac{e}{1 + e} = \frac{v - 1}{v} \quad (2.3)$$

El grado de saturación  $S_r$ , que se expresa en porcentaje, muestra cuánto líquido se encuentra contenido en los vacíos del suelo en casos de parcial saturación.

$$S_r = \frac{\text{volumen de agua}}{\text{volumen de vacíos}} = \frac{V_w}{V_v} \quad (2.4)$$

### Contenido de humedad

La medición de masas resulta más práctica y precisa, dado que los volúmenes de vacío o sólidos son difíciles de medir rutinariamente (a pesar de que se usan intercambiabilmente mente con pesos). La masa del suelo húmedo y seca es la medición de masa más utilizada en laboratorios para determinar la masa de agua. La masa seca se obtiene tostándola durante unas horas a una temperatura entre 105 y 110 °C hasta que se estabilice el valor, es decir, hasta que no se evapore más agua. La humedad o contenido de agua  $\omega$  se define de esta manera (Villalobos, 2016; pp. 27, 28).

$$\omega = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso suelo seco}} = \frac{W_w}{W_v} = \frac{\rho_w V_w}{\rho_s V_s} = \frac{1}{G_s} \frac{S_r e}{1} \quad (2.6)$$

### Análisis granulométrico

Determinar proporciones de la repartición de las distintas dimensiones de las porciones del suelo es el propósito del análisis granulométrico. Generalmente se utiliza:

El análisis granulométrico domesticado: Sirve para dividir en varias fracciones las partículas mayores a 0,075 mm (tamiz 200), como rocas, gravas y fragmentos de arena.

Los granos de tamaño inferior a 2 mm, que son los elementos arena de mediana fina, limo y arcillas, se separan en diferentes fracciones mediante análisis granulométrico por sedimentación o densimetría.

Pasos a seguir para el procedimiento de análisis granulométrico por tamizado mecánico.

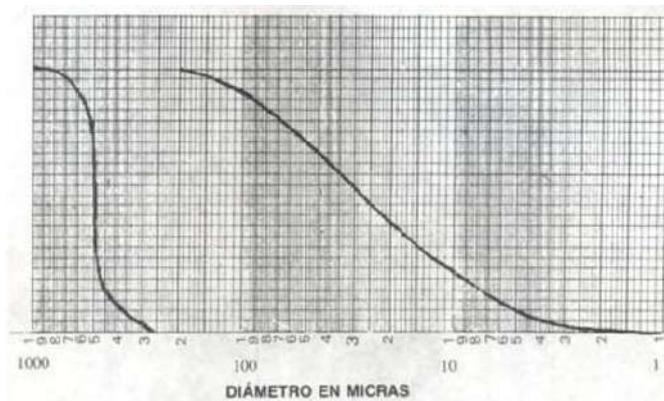
- a) Se agarra una porción de muestra de veinte kilogramos y se deja al aire libre o en una asadera durante doce horas.
- b) A través de cuarteo, se sacan unos 2 kg a la muestra mencionada.
- c) El retenido se pesa in cada una de las mallas de 2", 1 ½", 1", ¾", 3/8" y N°4, y los 2 kg se pasan por ellas.
- d) La parte del material que paso el tamiz # 4, se agarra cierta cantidad – normalmente 200 gramos, y se coloca en un recipiente con agua, dejarlo para dispersar durante una hora y medio.
- e) Usando un agitador de metal, revuelva el contenido del recipiente durante 60 segundos, después vaciar sobre el tamiz # 200, vierta el material en el recipiente, lave el tamiz boca abajo, revuelva con el agua del recipiente y repita el proceso. Se lava tantas veces sea necesario hasta que desaparezca la turbidez del agua.
- f) Retiramos el agua y se coloca el espécimen al horno a cierta temperatura.
- g) Luego se saca el material del horno y se deja enfriar un par de horas a temperatura ambiente, posterior a ello se toma el peso del material y por diferencia de los 200 gramos se llega a obtener el % el cual paso por el tamiz # 200.
- h) Y así sucesivamente se hace con los demás tamices, se va pesando la cantidad que queda retenido en cada uno de ellos.
- i) Se pueden calcular los porcentajes retenidos parciales, acumulativos y pasando averiguando los pesos parciales retenidos desde los tamices # 2" hasta # 200.

Es importante esclarecer que los pesos retenidos en cada tamiz deben representarse como % del espécimen total. La determinación los porcentajes de los tamices # 10 al # 200, se fracciona la masa retenida en cada tamiz entre la masa seca del espécimen para la prueba de lavado (200 gramos normalmente), y luego se multiplica esta relación por el porcentaje del tamiz # 04 que se encontró en el estudio del material de partículas gruesas. El peso retenido acumulado del tamiz # 10 se puede calcular sumando el retenido acumulativo del tamiz # 04 al retenido acumulativo del tamiz # 10. La masa retenida acumulada en el tamiz # 20 es igual a la masa retenida acumulada en el tamiz

# 10 más la masa retenida parcial en el tamiz # 20. Se determinan los restantes retenidos acumulativos hasta culminar con el tamiz # 200.

j) A consecuencia de la realización de las masas retenidas y lo que pasan en los tamices se dibuja una curva de granulometría del suelo, la que contiene es los números de los tamices a escala de logaritmo, y también los % que pasan de suelo a escala aritmética.

k) La curva obtenida se puede comparar con las especificaciones o relaciones entre % para así tener una idea de graduación del suelo. La forma que se tiene de la curva de análisis granulométrico, se suele dibujar a escala semilogarítmica, lo cual nos da una idea de la estructura del suelo examinado. Por lo tanto, una línea vertical representará un suelo formado por partículas de un mismo tamaño, mientras que un suelo con una curva granulométrica bien tendida representará una gran variedad de tamaños (Altamirano & Dávila, 2019; pp. 25, 26).



**Figura 2**

Curva de distribución granulométrica

Fuente: Crespo Villalaz (2004, p. 48)

### **Plasticidad de los suelos**

La plasticidad del suelo depende únicamente de sus componentes finos y no de los elementos gruesos, ya que representan suelos hasta un límite de humedad sin desintegrarse. Debido a que el análisis de granulometría no puede apreciar esta característica, es necesario establecer los límites de Atterberg, estos suelen establecer la sensibilidad de un suelo a su contenido de humedad. Los límites de consistencia se pueden definir y corresponder a cada uno de los 3 estados del suelo según la humedad, y según ésta, un suelo se puede representar como líquido, plástico o sólido. Estos son los límites de cohesión del suelo de Atterberg: el límite líquido (LL, según MTC E 110), el límite plástico (LP, según MTC E 111) y el límite de contracción (LC, según MTC E 112). Límite líquido (LL), cuando el suelo puede moldearse después de pasar de un estado semilíquido a uno plástico. El límite plástico (LP), cuando el suelo se rompe al

pasar de plástico a semisólido. El límite de contracción, o contracción, es cuando el suelo deja de contraerse al perder humedad y pasa de un estado semisólido a un estado sólido. El Índice de Plasticidad IP (ensayo MTC E 111), que se define como la diferencia entre LL y LP, es otra característica que se debe adquirir además de LL y LP:  $LL-LP=IP$

### **Clasificación de suelos**

En las décadas pasadas, muchos sistemas de clasificación fueron propuestos, y a veces aún se proponen nuevos sistemas. El Sistema Unificado de Clasificación, basado en el trabajo de Casagrande (1948), en pistas aéreas militares, y el sistema de la Asociación Estadounidense de Carreteras y Oficinas de Transporte (AASHTO, anteriormente el Bureau of Public Roads), son dos de los muchos sistemas propuestos que se utilizan en todo el mundo (Bowles, 1982; p. 80).

### **Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).**

Este sistema clasifica en 2 categorías:

Suelo de grano grueso natural de grava y arena con menos del 50% que pasa a través del tamiz 200. Los prefijos G o S se utilizan para los símbolos de grupo. G significa suelo de grava o grava, mientras que S significa suelo arenoso o arena.

Suelos de grano fino que pasan el 50% o más del tamiz # 200 Los símbolos de grupo comienzan con M, que significa limo inorgánico; C, que significa arcilla inorgánica; y O, que significa limos y arcillas orgánicos. La turba, el lodo y otros suelos altamente orgánicos tienen el símbolo Pt (Das, 2015; p. 82).

### **Sistema de clasificación AASHTO**

Este sistema clasifica el suelo en siete grupos principales, de A-1 a A-7. Los materiales de suelo granulares clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 pasan el 35% o menos de las partículas a través del tamiz 200. Los suelos pertenecen a los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 cuando más del 35% pasa a través del tamiz número 200. Estos consisten principalmente en limo y materiales de arcilla (Das, 2015; p. 78).

### **Resistencia de suelo al corte**

La resistencia al corte de un suelo es la resistencia que la masa del suelo puede proporcionar a la falla y al deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él IP (Braja, 2015; p. 228).

### **Ensayo de Compresión Triaxial: Consolidado – No Drenado (CU).**

Se realiza después de consolidar la muestra con la válvula de drenaje abierta y una presión de cámara constante. Se controla mediante un dispositivo que permite controlar la muestra para determinar cuándo ha terminado el cambio de volumen, lo que indica el final de la consolidación. Para acelerar el drenaje en materiales arcillosos, se utilizan filtros espaciados alrededor del perímetro superficial de la muestra adyacente a la membrana. Después de completar la consolidación, se cierran las válvulas de drenaje y se aplica el esfuerzo desviador a la muestra hasta el punto de falla (Peña & Pérez, 2012; p. 26).

### **Capacidad portante del suelo**

Se determina considerando los siguientes elementos: La profundidad del cimiento, El tamaño de los componentes de la cimentación. Características físicas: las características mecánicas del suelo ubicado dentro del área activa de la cimentación. La ubicación del nivel freático, teniendo en cuenta la probabilidad de que cambie durante la vida útil de la construcción. Las características físico mecánicas del suelo podrían verse alteradas como resultado de los cambios en el contenido de humedad., Asentamiento de construcción aceptable. La presión permitida es la menor de la que se puede obtener a través de:

Aplicar las ecuaciones de capacidad de carga por corte afectadas por el factor de seguridad correspondiente para obtener la presión admisible más baja. La presión que hace que el asentamiento sea aceptable.

### **Comportamiento sísmico**

En Perú, las estructuras hechas de concreto armado son las más utilizadas debido a su facilidad de uso y su bajo costo. Aunque su rigidez puede ayudar a reducir las deformaciones sísmicas y, por lo tanto, el daño en elementos estructurales y no estructurales, es necesario que tengan cierta ductilidad para que puedan comportarse adecuadamente ante eventos sísmicos de:

Cuando se observan los siguientes factores, es probable que el comportamiento sísmico de una edificación mejore, simetría tanto en la rigidez como en la repartición de sus masas, su peso mínimo, particularmente en áreas elevadas, La elección y el uso apropiados de las materias primas utilizados en la construcción, Capacidad apropiada para resistir fuerzas laterales, Continuidad de las estructuras tanto como horizontal. La ductilidad es la definición de cuan capaza es la estructura para deformarse sin romperse ósea soportar hasta el límite del rango elástico. Considere las circunstancias locales.

Excelentes técnicas de construcción y supervisión estructural exhaustiva (Eche & Pérez, 2018; pp. 24, 25).

### **Software SAP2000**

Hernández (2017), afirma que CSI, Computer and Structures, Inc. creó el programa SAP2000. Hay tres versiones disponibles: Standard, Plus y Advanced. Ha estado en constante desarrollo durante más de 30 años, ofreciendo al profesional un instrumento de confiabilidad, muy sofisticado y de uso fácil, basada en una interfaz potente que procese y modele y realice el análisis y diseño estructural. Permite realizar una variedad de análisis tanto como estáticos y dinámicos de forma lineal y no lineal utilizando funciones de espectro e historias de tiempo. Además, SAP200 el cálculo de la estructura usando la metodología de los elementos finitos, para determinar la solución de las fuerzas, esfuerzos, momentos y la deformación de la estructura y de área, presentando resultados gráficos y por tablas (p.05).

## CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Ámbito y condiciones de la investigación

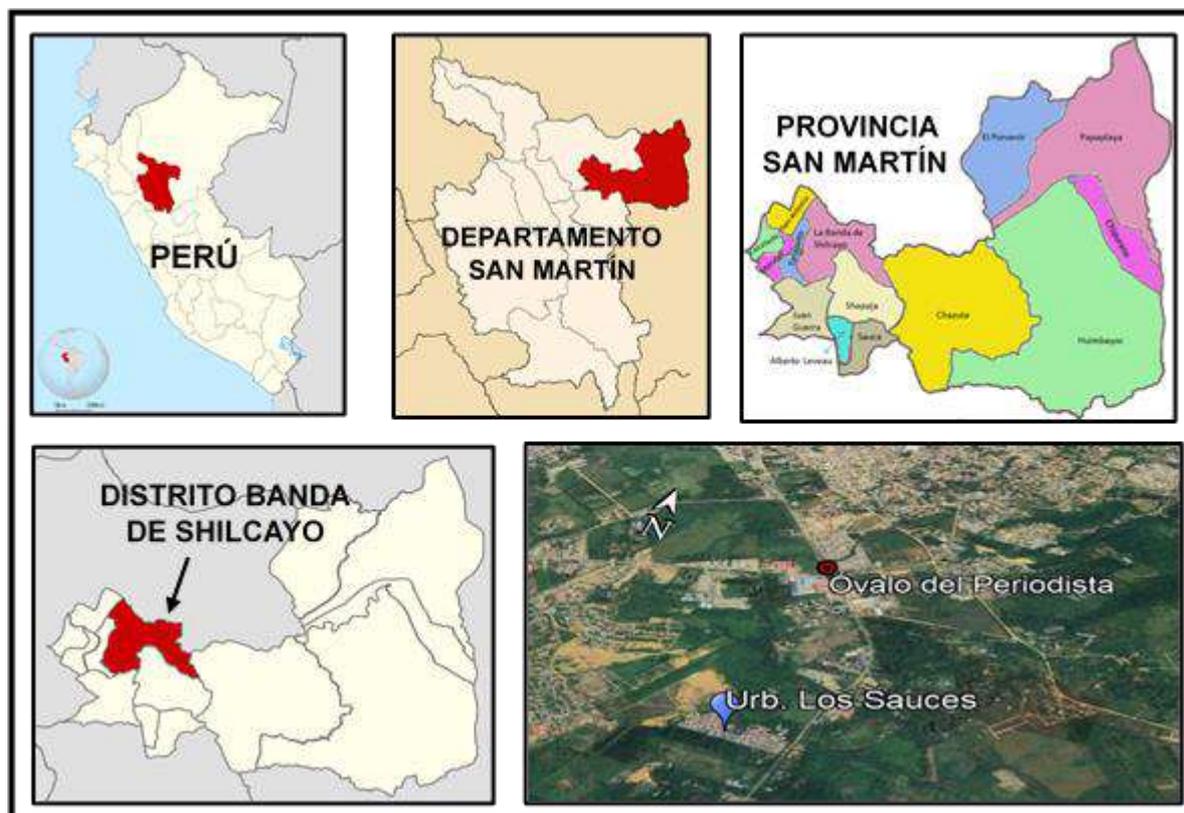
#### 3.1.1 Ubicación política

**Tabla 1**

*Ubicación política del ámbito de estudio*

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| Región          | : San Martín                  |
| Provincia       | : San Martín                  |
| Distrito        | : Banda de Shilcayo           |
| Zona de estudio | : Residencial Los Sauces      |
| Altitud         | : 261 m.s.n.m. – 296 m.s.n.m. |

Fuente: elaboración propia, (2023)



**Figura 3**

Ubicación regional, provincial y distrital

Fuente: Google Maps, adaptada por los autores (2023)

#### 3.1.2 Ubicación geográfica

El lugar de investigación está ubicado en el Distrito de la Banda de Shilcayo, provincia de San Martín, con salida de la ciudad de Tarapoto de norte a sur, carretera Fernando

Belaunde Terry Km. 4.5, como referencia a 50 metros del campo santo Jardines del Edén.

### **Accesibilidad**

**Para llegar al lugar de estudio existe 2 alternativas por vía terrestre y 1 por vía aérea:**

Primero, tomando la Carretera Panamericana Norte y la carretera Fernando Belaunde Terry, iniciando en la capital Lima, y posteriormente Trujillo-Chiclayo-Olmos Bagua Grande-Pedro Ruiz-Rioja-Moyobamba-Tarapoto, donde toda la trayectoria está asfaltada, con un tiempo de viaje entre 28 a 32 horas.

Segundo, tomando la Carretera Central y la carretera Fernando Belaunde Terry, iniciando en la capital Lima, para luego continuar por las ciudades de La Oroya-Junín-Cerro de Pasco-Huánuco-Tingo María-Tocache-Juanjuí-Tarapoto, donde toda la trayectoria está asfaltada, con un tiempo de viaje entre 20 a 24 horas.

Por la vía aérea existe vuelos directos, Lima (Aeropuerto Internacional Jorge Chávez) – Tarapoto (Aeropuerto FAP Guillermo del Castillo), con tiempo de vuelo de entre 45 min a 1 hora.

#### **3.1.3 Periodo de ejecución**

El inicio de periodo de ejecución de la investigación titulado: “Capacidad portante de suelos y el comportamiento sísmico de edificaciones en el conjunto habitacional los sauces Banda de Shilcayo”, se autoriza el 15 de setiembre del 2022.

El tiempo de ejecución en campo del proyecto de investigación fue de 2 meses aproximadamente, iniciando en junio y julio del 2023, de acuerdo a la disponibilidad de ambos tesisistas. Donde primero se realizó un reconocimiento del lugar, exploración y ubicación de las calicatas a ejecutar.

El procesamiento en formato virtual de los datos que se recogieron en campo y la redacción del informe final, se inició y culminó en un tiempo de 2 meses (agosto y setiembre), realizando las correcciones de acuerdo al manual de la UNSM. Y posterior presentación, difusión y sustentación para los respectivos trámites del grado académico por el cual optamos.

#### **3.1.4 Autorizaciones y permisos**

Se coordinó con la municipalidad de la Banda de Shilcayo para el desarrollo de la ejecución, que se expidió con Resolución N° 251-2022-UNSM/FICA-CF-NLU (Ver Anexo 01), el 15 de setiembre del 2022, indicando en el artículo 02 de dicha Resolución

mencionada, la autorización de ejecutar el desarrollo y sustentar el Proyecto de Tesis en un plazo no mayor a 2 años.

### **3.1.5 Control ambiental y protocolos de bioseguridad**

Los protocolos ambientales y de bioseguridad se realizaron de acuerdo a las últimas normas establecidas para la construcción civil, la G.050 Seguridad Durante la Construcción, vigilando y cumpliendo las medidas legales y técnicas aplicadas, necesarias para reducir y/o prevenir daños de cualquier tipo al medio ambiente en general debido a las actividades humanas o desastres naturales; así como también reducir los riesgos para la salud humana.

### **3.1.6 Aplicación de principios éticos internacionales**

Los aspectos éticos que rigen en nuestra investigación tratan de construir relaciones respetuosas donde salen ganando las dos partes (investigadores y comunidad), en la cual los investigadores deberán estar dispuestos a responder los resultados obtenidos con fiabilidad y franqueza, según a las conclusiones obtenidas que la comunidad considere. Para lograr un buen proceso de diseño de la investigación, no solo se requiere de buenas personas o seguir las leyes de la investigación, sino también conocer la cultura y las perspectivas tanto de los investigadores como de la comunidad, para así conocer las necesidades e intereses que puedan ser comprendidos y atendidos adecuadamente.

Los aspectos éticos siempre están presentes y no se debe prescindir de estos si se desea que las acciones llevadas se encaminen a hacer el bien durante la ejecución de las obras civiles.

## **3.2 Sistema de variables**

### **3.2.1 Variables principales**

#### **Variable independiente**

Capacidad portante de los suelos del Conjunto Habitacional los Sauces Banda de Shilcayo.

#### **Variable dependiente**

Comportamiento sísmico de las estructuras

#### **3.2.1.1 Operacionalización de las variables**

Tabla 1

*Operacionalización de las variables*

| <b>Objetivo específico N° 1: Exploración, georreferenciación y muestreo de suelos en el Conjunto Habitacional los Sauces Banda de Shilcayo.</b> |  |  |                                     |
|---|--|--|-------------------------------------|
| Variable abstracta  | Variable concreta                                  | Medio de registro                                      | Unidad de medida                    |
| Exploración, georreferenciación y muestreo de suelos  | Conjunto Habitacional los Sauces Banda de Shilcayo | Inspección GPS<br>Muestra alterada o inalterada        | Día (d), Metros (m), kilogramo (kg) |
| <b>Objetivo específico N° 2: Estudio de suelos.</b>   |  |  |                                     |
| Variable abstracta  | Variable concreta                                  | Medio de registro                                      | Unidad de medida                    |
| Estudio de suelos   | Contenido de humedad                               | Ensayo de contenido de humedad                         | %                                   |
|   | Densidad seca                                      | Ensayo de densidad seca                                | g/cm <sup>3</sup>                   |
|   | Peso específico                                    | Ensayo de peso específico                              | Adimensional                        |
|   | Límites de Atterberg                               | Ensayo de límites de Atterberg                         | %                                   |
|   | Ensayo granulométrico                              | Ensayo de análisis granulométrico                      | %                                   |
| <b>Objetivo específico N° 3: Elaborar los perfiles estratigráficos de los suelos en estudio.</b>  |  |  |                                     |
| Variable abstracta  | Variable concreta                                  | Medio de registro                                      | Unidad de medida                    |
| Perfiles estratigráficos de los suelos  | Identificar el tipo de suelo                       | SUCS<br>ASSHTO   | Simbología                          |
| <b>Objetivo específico N° 4: Determinación de la capacidad portante de los suelos.</b>  |  |  |                                     |
| Variable abstracta  | Variable concreta                                  | Medio de registro                                      | Unidad de medida                    |
| Capacidad portante  | Capacidad última de carga                          | Ensayo de Compresión Triaxial – Consolidado No Drenado | Kg/cm <sup>2</sup>                  |
| <b>Objetivo específico N° 5: Elaborar un mapa de zonificación de los suelos.</b>  |  |  |                                     |
| Variable abstracta  | Variable concreta                                  | Medio de registro                                      | Unidad de medida                    |
| Mapa de zonificación  | Propiedades físicas del suelo                      | Ensayos de mecánica de suelos                          | Mm                                  |
|   | Propiedades mecánicas del suelo                    |  | Kg/cm <sup>2</sup>                  |
| <b>Objetivo específico N° 6: Simulación de comportamiento sísmico de las edificaciones, usando el software SAP 2000.</b>                        |  |  |                                     |
| Variable abstracta  | Variable concreta                                  | Medio de registro                                      | Unidad de medida                    |
| Comportamiento sísmico  | Software SAP 2000                                  | Análisis sísmico estático y dinámico                   | Adimensional                        |

Fuente: propia del estudio (2023)

### **3.2.2 Variables secundarias**

#### **Precipitación**

Durante el proceso de ejecución del proyecto se presentaron precipitaciones durante el mes de abril, pero disminuyendo progresivamente, posteriormente en la ubicación y extracción de muestras a fines del mes de mayo hubo pequeños chubascos no constantes, dificultando los trabajos en campo.

#### **Tránsito**

Durante el periodo de ejecución en el lugar, tanto en la excavación y extracción de muestra no hubo problemas debido a que las calicatas se ubicaron en lugares donde no afecte el libre tránsito, pero con respecto a la movilización de las muestras hubo tráfico moderado desde la salida de la residencial hasta el laboratorio de suelos de la UNSM, teniendo siempre la debida precaución necesaria salvaguardando la integridad de los tesisistas

### **3.3 Procedimientos de la investigación**

Durante la ejecución de la investigación la población de la Urbanización Los Sauces – Banda de Shilcayo estuvo limitada al desarrollo de este. Se realizó la exploración y extracción de 12 muestras de suelo obtenidas a cielo abierto (calicatas).

La zona de estudio presenta los siguientes datos:

- 18 manzanas y 379 viviendas, cuenta también con áreas verdes y zona de recreación.
- Consta de tres calles longitudinales, la principal llamada calle “A” de 02 carriles en ambos sentidos, desde el empalme de la carretera Fernando Belaunde Terry hasta el término de la urbanización que se ubica en la parte alta ubicada a 296 msnm, y las secundarias llamadas calle “B” y calle “C”.
- Superficie y ancho de rodadura de la calle principal: aproximado de 450 metros lineales de calle adoquinado con 6.6 metros de ancho.
- Calles y pasajes transversales: 3 calles transversales llamadas, calle “D”, calle “E” y calle “F”, y los pasajes siguientes: G, H, I, J, K, L y M

#### **3.3.1 Objetivo específico 1: Exploración, georreferenciación y muestreo de suelos en el Conjunto Habitacional los Sauces Banda de Shilcayo.**

Se realizó las siguientes actividades:

- Identificamos la zona de estudio y ubicamos los lugares en las cuales se podría realizar la excavación y extracción del material a estudiar.
- Determinamos la ubicación exacta de se hará la extracción de los especímenes de suelo (12 calicatas),
- Para determinar la ubicación se utilizó un GPS de mano y se obtuvo las coordenadas Utm.
- El muestreo de suelos fue desarrollado según los estándares de las normas ASTM D 420 y MTC E 101.

### 3.3.2 Objetivo específico 2: Estudio de suelos

Para la determinación de las propiedades del suelo materia de la investigación se realizó los siguientes ensayos en el laboratorio:

**Tabla 2**  
*Ensayos de suelos desarrollados en laboratorio*

| ENSAYO   | FUENTE                      |
|--|-----------------------------|
| Contenido de Humedad Natural                                   | N.T.P. 339.127 (ASTM D2216) |
| Análisis Granulométrico Por Tamizado                           | N.T.P. 339.128 (ASTM D422)  |
| Límite Líquido   | N.T.P. 339.129 (ASTM D4318) |
| Límite Plástico  | N.T.P. 339.129 (ASTM D4318) |
| Peso Específico Relativo de las partículas sólidas de un suelo | N.T.P. 339.131 (ASTM D854)  |
| Peso Volumétrico de suelo cohesivo                             | N.T.P. 339.139 (BS 137)     |
| Compresión Triaxial (CU)                                       | N.T.P. 339.166 (ASTM D4767) |

Fuente: Elaboración propia, 2023.

### 3.3.3 Objetivo específico 3: Elaborar los perfiles estratigráficos de los suelos en estudio.

Para lograr los perfiles estratigráficos del suelo se tomó muestras a distancias entre 40 y 100 metros, donde se realizó excavaciones de 12 calicatas a cielo abierto a una profundidad no menor o igual a 3.00 metros.

### 3.3.4 Objetivo específico 4: Determinación de la capacidad portante de los suelos.

- a) Primero se determinó la capacidad de carga según la norma E. 050:

#### Artículo 20.- Capacidad de carga

20.1 La presión última o falla por corte del suelo se conoce como capacidad de carga ( $q_d$ ). Se calcula utilizando fórmulas aceptadas por la mecánica del suelo a partir de parámetros determinados en laboratorio o in situ.

20.2. Se utiliza un ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) igual a cero en suelos cohesivos (arcilla, arcilla limosa y limo-arcilloso).

$$q_d = s_c i_c c N_c$$

20.3. Se utiliza una cohesión ( $c$ ) igual a cero en suelos friccionantes como gravas, arenas y gravas-arenosas.

$$q_d = i_q \gamma_1 D_f N_q + 0.5 s_\gamma i_\gamma \gamma_2 B' N_\gamma$$

20.4. Para las ecuaciones indicadas en los numerales 20.2 y 20.3 se tiene:

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

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

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

$$S_c = 1 + 0.2 \frac{B}{L}$$

$$i_c = i_q = \left( 1 - \frac{\alpha^\circ}{90^\circ} \right)^2$$

$$S_\gamma = 1 - 0.2 \frac{B}{L}$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{\alpha^\circ}{\phi^\circ} \right)^2$$

### Artículo 21.- Factor de seguridad frente a una falla por corte

Las cimentaciones deben cumplir con los siguientes factores de seguridad mínimos:

21.1. Para cargas estáticas: 3.0

21.2. Para sollicitación máxima de sismo o viento (la que sea más desfavorable): 2.5 (Norma E.050, 2020; pág. 33-34).

b) Y luego dividió la presión permisible o la capacidad portante entre un factor de seguridad, en este caso FS=3.

$$q_{adm} = \frac{q_d}{FS}$$

### Cálculo de la capacidad portante:

Se utilizó la norma E-050 del Reglamento Nacional de Edificaciones para calcular la capacidad portante de las cinco calicatas.

Teniendo los siguientes datos para el diseño:

**Tabla 3**

*Datos para diseño*

| Datos de la cimentación       |              |
|-------------------------------|--------------|
| Profundidad de la cimentación | : Df= 1.50 m |
| Ancho de la cimentación       | : B = 1.00 m |

|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| Longitud de la cimentación | : L = 1.00 m |
| Factor de seguridad        | : FS = 3     |

Fuente: Elaboración propia, 2023.

### **CALICATA N°01**

**Tabla 4**

*Datos de calicata 01*

| <b>Datos obtenidos del ensayo triaxial CU</b> |                                   |
|---|-----------------------------------|
| Suelo   | SC – SM                           |
| Peso volumétrico                              | $\gamma_n = 2.13 \text{ gr/cm}^3$ |
| Ángulo de fricción                            | $\phi' = 34.5^\circ$              |
| Cohesión                                      | $c = 1.03 \text{ kg/cm}^2$        |
| Nivel freático                                | No presenta                       |

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Es un suelo friccionante con una cohesión  $c = 0$ , según la norma E-050 para suelos y cimentaciones.

Fórmula para suelos friccionantes:

$$q_d = i_q \gamma_1 D_f N_q + 0.5 s_\gamma i_\gamma \gamma_2 B' N_\gamma$$

### **Solución:**

Cálculo de los coeficientes  $i_q$ ,  $N_q$ ,  $s_\gamma$ ,  $i_\gamma$  y  $N_\gamma$ :

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\alpha^\circ}{90^\circ}\right)^2 = \left(1 - \frac{0^\circ}{90^\circ}\right)^2 = 1 \quad \rightarrow i_q = 1$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi')} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) = e^{(\pi \tan 34.5^\circ)} \tan^2 \left(45 + \frac{34.5^\circ}{2}\right) = 31.299 \quad \rightarrow N_q = 31.299$$

$$s_\gamma = 1 - 0.2 \frac{B}{L} = 1 - 0.2 \frac{1}{1} = 0.8 \quad \rightarrow s_\gamma = 0.8$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\alpha^\circ}{\phi^\circ}\right)^2 = \left(1 - \frac{0^\circ}{34.5^\circ}\right)^2 = 1 \quad \rightarrow i_\gamma = 1$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \phi') = (31.299 - 1) \tan(1.4 \times 34.5^\circ) = 34.0068 \quad \rightarrow N_\gamma = 34.007$$

Reemplazando los valores en la fórmula:

$$q_d = (1 \times 0.00213 \times 150 \times 31.299) + 0.5(0.8 \times 1 \times 0.00213 \times 100 \times 34.007)$$

$$q_d = 12.897 \text{ kg/cm}^2$$

Dividiendo por un factor de seguridad:

$$q_{adm} = \frac{q_d}{FS} = \frac{12.897}{3} = 4.299 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 4.30 \text{ kg/cm}^2$$

**CALICATA N°02:****Tabla 5***Datos de calicata 02*

| Datos obtenidos del ensayo triaxial CU |                              |
|--|------------------------------|
| Suelo                                  | CL                           |
| Peso volumétrico                       | $y_n = 1.88 \text{ gr/cm}^3$ |
| Ángulo de fricción                     | $\phi' = 19^\circ$           |
| Cohesión                               | $c = 0.32 \text{ kg/cm}^2$   |
| Nivel freático                         | No presenta                  |

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Es un suelo friccionante con una cohesión  $c = 0$ , según la norma E-050 para suelos y cimentaciones.

Fórmula para suelos cohesivos:

$$q_d = s_c i_c c N_c$$

Solución:

Cálculo de los coeficientes  $s_c$ ,  $i_c$  y  $N_c$ :

$$S_c = 1 + 0.2 \frac{B}{L} = 1 + 0.2 \frac{1}{1} = 1.2 \quad \rightarrow S_c = 1.2$$

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\alpha^\circ}{90^\circ}\right)^2 = \left(1 - \frac{0^\circ}{90^\circ}\right)^2 = 1 \quad \rightarrow i_c = 1$$

$$N_c = 5.14$$

Reemplazando los valores en la fórmula:

$$q_d = (1.2 \times 1 \times 0.32 \times 5.14)$$

$$q_d = 1.97376 \text{ kg/cm}^2$$

Dividiendo por un factor de seguridad:

$$q_{adm} = \frac{q_d}{FS} = \frac{1.97376}{3} = 0.65792 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 0.66 \text{ kg/cm}^2$$

**CALICATA N°03:****Tabla 6***Datos de calicata 03*

| Datos obtenidos del ensayo triaxial CU |                              |
|--|------------------------------|
| Suelo                                  | SC                           |
| Peso volumétrico                       | $y_n = 1.93 \text{ gr/cm}^3$ |
| Ángulo de fricción                     | $\phi' = 26.4^\circ$         |
| Cohesión                               | $c = 0.11 \text{ kg/cm}^2$   |
| Nivel freático                         | No presenta                  |

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Es un suelo friccionante con una cohesión  $c = 0$ , según la norma E-050 para suelos y cimentaciones.

Fórmula para suelos friccionantes:

$$q_d = i_q \gamma_1 D_f N_q + 0.5 s_\gamma i_\gamma \gamma_2 B' N_\gamma$$

### Solución:

Cálculo de los coeficientes  $i_q$ ,  $N_q$ ,  $s_\gamma$ ,  $i_\gamma$  y  $N_\gamma$ :

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\alpha^\circ}{90^\circ}\right)^2 = \left(1 - \frac{0^\circ}{90^\circ}\right)^2 = 1 \quad \rightarrow i_q = 1$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi')} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) = e^{(\pi \tan 26.4^\circ)} \tan^2 \left(45 + \frac{26.4^\circ}{2}\right) = 12.3726 \rightarrow N_q = 12.373$$

$$S_\gamma = 1 - 0.2 \frac{B}{L} = 1 - 0.2 \frac{1}{1} = 0.8 \quad \rightarrow S_\gamma = 0.8$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\alpha^\circ}{\phi^\circ}\right)^2 = \left(1 - \frac{0^\circ}{34.5^\circ}\right)^2 = 1 \quad \rightarrow i_\gamma = 1$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \phi') = (12.373 - 1) \tan(1.4 \times 26.4^\circ) = 8.5577 \rightarrow N_\gamma = 8.558$$

Reemplazando los valores en la fórmula:

$$q_d = (1 \times 0.00193 \times 150 \times 12.373) + 0.5(0.8 \times 1 \times 0.00193 \times 100 \times 8.558)$$

$$q_d = 4.2426611$$

Dividiendo por un factor de seguridad:

$$q_{adm} = \frac{q_d}{FS} = \frac{4.2426611}{3} = 1.4142 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 1.41 \text{ kg/cm}^2$$

### CALICATA N°06:

**Tabla 7**

*Datos de calicata 06*

| Datos obtenidos del ensayo triaxial CU |                                   |
|--|-----------------------------------|
| Suelo                                  | SC                                |
| Peso volumétrico                       | $\gamma_n = 1.93 \text{ gr/cm}^3$ |
| Ángulo de fricción                     | $\phi' = 31.4^\circ$              |
| Cohesión                               | $c = 0.00 \text{ kg/cm}^2$        |
| Nivel freático                         | No presenta                       |

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Es un suelo friccionante con una cohesión  $c = 0$ , según la norma E-050 para suelos y cimentaciones.

Fórmula para suelos friccionantes:

$$q_d = i_q \gamma_1 D_f N_q + 0.5 s_\gamma i_\gamma \gamma_2 B' N_\gamma$$

### Solución:

Cálculo de los coeficientes  $i_q$ ,  $N_q$ ,  $s_\gamma$ ,  $i_\gamma$  y  $N_\gamma$ :

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\alpha^\circ}{90^\circ}\right)^2 = \left(1 - \frac{0^\circ}{90^\circ}\right)^2 = 1 \quad \rightarrow i_q = 1$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi')} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) = e^{(\pi \tan 31.4^\circ)} \tan^2 \left(45 + \frac{31.4^\circ}{2}\right) = 21.608 \quad \rightarrow N_q = 21.608$$

$$S_\gamma = 1 - 0.2 \frac{B}{L} = 1 - 0.2 \frac{1}{1} = 0.8 \quad \rightarrow S_\gamma = 0.8$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\alpha^\circ}{\phi^\circ}\right)^2 = \left(1 - \frac{0^\circ}{34.5^\circ}\right)^2 = 1 \quad \rightarrow i_\gamma = 1$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \phi') = (21.608 - 1) \tan(1.4 \times 31.4^\circ) = 19.873 \quad \rightarrow N_\gamma = 19.873$$

Reemplazando los valores en la fórmula:

$$q_d = (1 \times 0.00193 \times 150 \times 21.608) + 0.5(0.8 \times 1 \times 0.00193 \times 100 \times 19.873)$$

$$q_d = 7.7897116$$

Dividiendo por un factor de seguridad:

$$q_{adm} = \frac{q_d}{FS} = \frac{7.7897116}{3} = 2.59657053 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 2.60 \text{ kg/cm}^2$$

### CALICATA N°10:

**Tabla 8**

*Datos de calicata 10*

| Datos obtenidos del ensayo triaxial CU |                              |
|--|------------------------------|
| Suelo                                  | CL                           |
| Peso volumétrico                       | $y_n = 1.81 \text{ gr/cm}^3$ |
| Ángulo de fricción                     | $\phi' = 29.9^\circ$         |
| Cohesión                               | $c = 0.17 \text{ kg/cm}^2$   |
| Nivel freático                         | No presenta                  |

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Es un suelo friccionante con una cohesión  $c = 0$ , según la norma E-050 para suelos y cimentaciones.

Fórmula para suelos cohesivos:

$$q_d = s_c i_c c N_c$$

Solución:

Cálculo de los coeficientes  $s_c$ ,  $i_c$  y  $N_c$ :

$$S_c = 1 + 0.2 \frac{B}{L} = 1 + 0.2 \frac{1}{1} = 1.2 \quad \rightarrow S_c = 1.2$$

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\alpha^\circ}{90^\circ}\right)^2 = \left(1 - \frac{0^\circ}{90^\circ}\right)^2 = 1 \quad \rightarrow i_c = 1$$

$$N_c = 5.14$$

Reemplazando los valores en la fórmula:

$$q_d = (1.2 \times 1 \times 0.17 \times 5.14)$$

$$q_d = 1.04856 \text{ kg/cm}^2$$

Dividiendo por un factor de seguridad:

$$q_{adm} = \frac{q_d}{FS} = \frac{1.04856}{3} = 0.34952 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 0.35 \text{ kg/cm}^2$$

### 3.3.5 Objetivo específico 5: Elaborar un mapa de zonificación de los suelos

Con las propiedades del suelo obtenidas en los ensayos de laboratorio se realiza un mapa de zonificación usando el software Autocad para la ubicación de los valores en la zona de estudio.

### 3.3.6 Objetivo específico 6: Simulación del comportamiento sísmico de las edificaciones, usando el software SAP 2000.

Primero se realizó la estructuración, predimensionamiento y cargas de la estructura:

#### 1. Estructuración

Para la estructuración de las edificaciones del proyecto se tomaron en cuenta las medidas ya establecidas por la edificación puesta en pie ubicada en la calle "A" cuadra 01, MZ 018 , Lote 13 , de la cuál verificaremos el comportamiento sísmico y en base al análisis identificaremos si está bien estructurado la cual brinda seguridad adecuada contra fallas estructurales que pudieran ser causadas por sismos, además de criterios que logren un comportamiento estructural aceptable en condiciones normales de operación durante su vida útil.



**Figura 4**

Edificación típica de la zona

Fuente: propia del estudio (2023)

Los elementos estructurales que conforman la estructuración de las edificaciones del proyecto son:

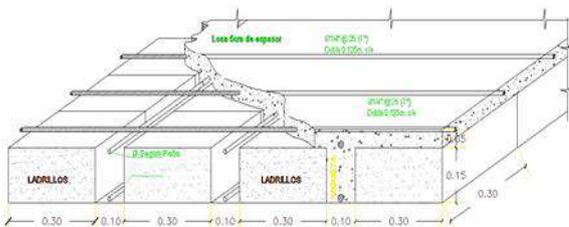
- Cimentación, compuesta por zapatas aisladas y vigas continuas de cimentación.
- Cimientos Corridos, Sobrecimientos armados, Columnas de sección rectangular, Placas, Columnetas, Vigas, principales y secundarias, Viguetas, Losas, Escaleras.

## 2. Dimensionamiento en campo

Dimensionar una estructura es proporcionar medidas preliminares a los componentes que la conforman para que puedan soportar las cargas aplicadas. Los elementos dimensionados corresponden a columnas, vigas, losas y placas para el proyecto, y se tomaron en cuenta las medidas que ya se habían construido en el campo.

### a) Losa aligerada

Medida de espesor de losa aligerada en campo  $e = 0.20$  m.



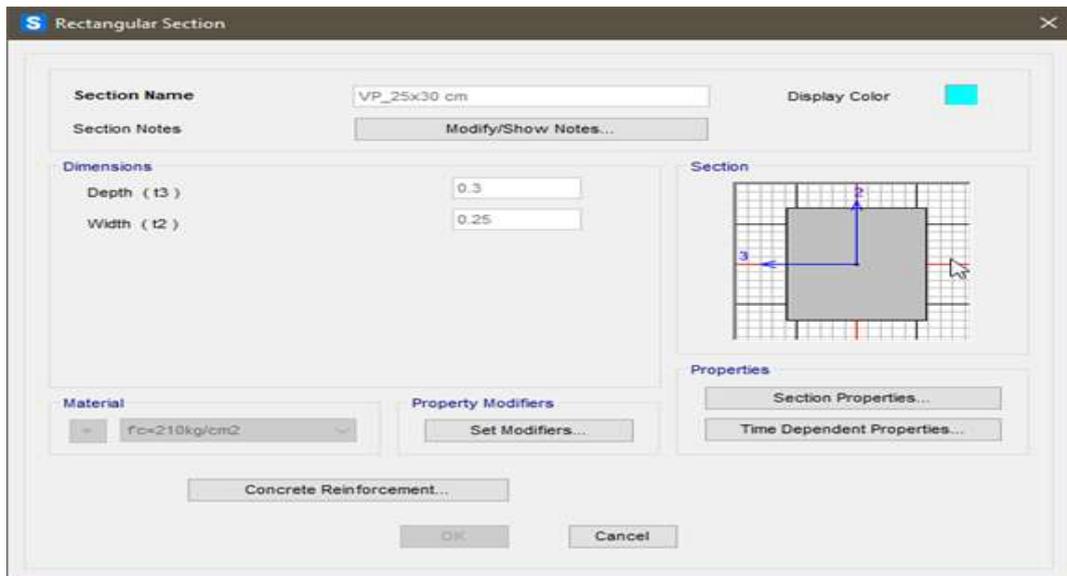
**Figura 5**

Sección de losa aligerada típica

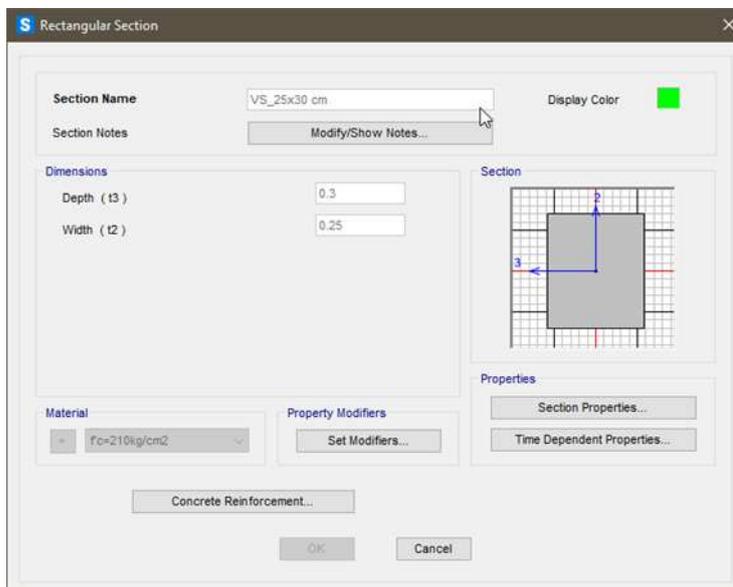
Fuente: propia del estudio (2023)

### b) Vigas

Medida de vigas en campo, en x-x e y-y  $V_s = V_p = 0.25 \times 0.30$  m.

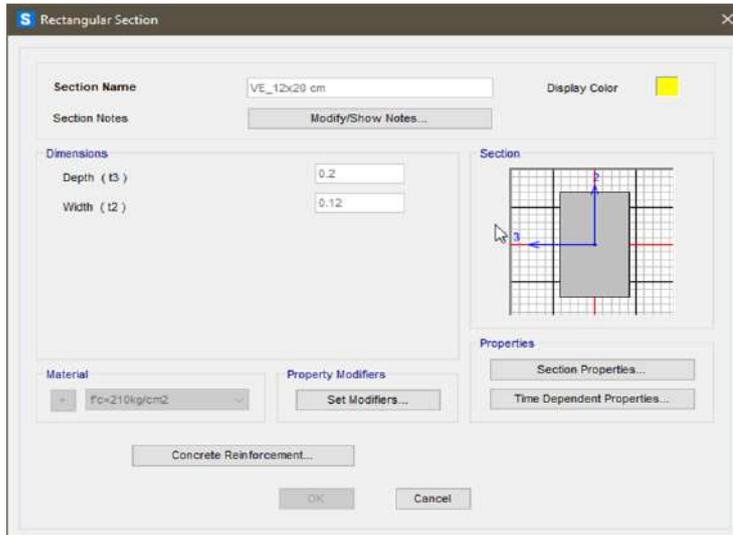


**Figura 6**  
Sección de Viga Principal (25x30) cm  
Fuente: Sap 2000



**Figura 7**  
Sección de Viga Secundaria (25x30) cm  
Fuente: Sap 2000

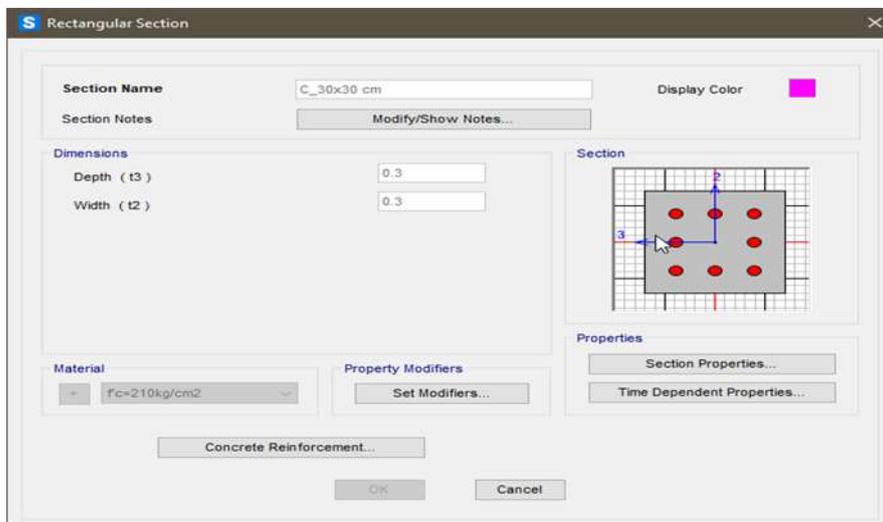
**c) Viga en la escalera**



**Figura 8**  
Sección de Viga Escalera (12x20) cm  
Fuente: Sap 2000

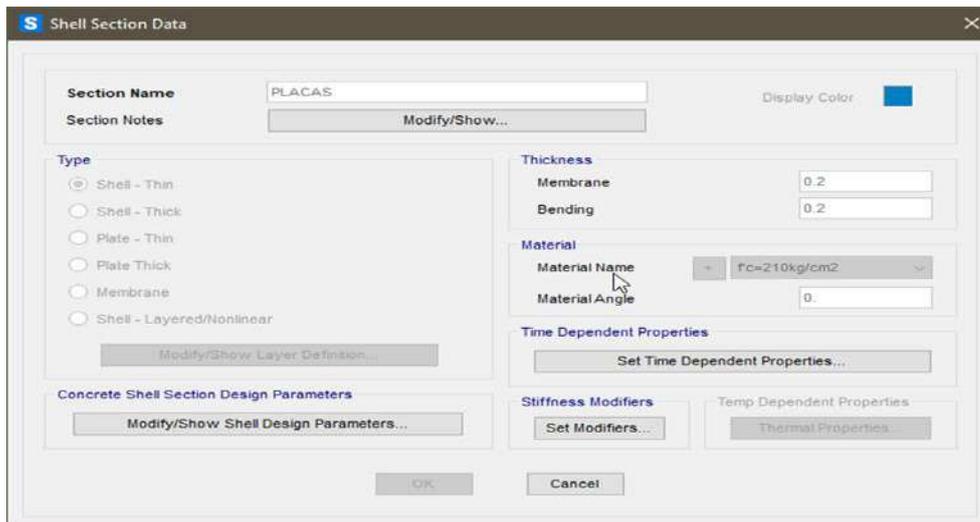
#### d) Columnas

Medidas en campo 0.30 x 0.30 m.



**Figura 9**  
Sección de Columna (30x30) cm  
Fuente: Sap 2000

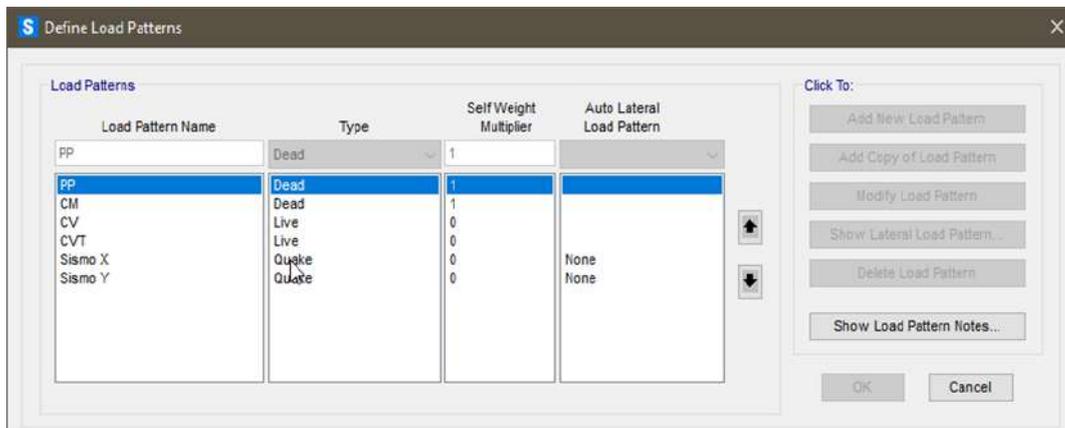
Entre los ejes 2 Y 7 ENTRE B-C se trabajarán con 2 placas, para la disminución de torsión y derivadas que se generan por la distancia con respecto al centro de masa de los diafragmas, c.



**Figura 10**  
 Datos de placa armada  
 Fuente: Sap 2000

### 3. Cargas

Se toman en cuenta en la estructura los estados de carga siguientes de acuerdo con las normas NTE E.020 y E060.



**Figura 11**  
 Cargas ingresadas en el programa Sap 2000  
 Fuente: Sap 2000

Dónde: Live es considerada para la carga viva total tanto en la azotea como en los demás niveles.

SISMO X y SISMO Y son las fuerzas sísmicas consideradas en X y Y.

Se consideró una asignación de la carga muerta (CM), diferente a la carga propia de la estructura y las cargas vivas según la Norma E.020.

**Tabla 9**  
**Pesos de Cargas según NTP E.020**

| Carga Muerta:        |                         |
|----------------------|-------------------------|
| Peso de Acabados     | : 100 Kg/m <sup>2</sup> |
| Peso de muros h=2.70 | : 550 Kg/m <sup>2</sup> |

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| Peso de muros h=1.20 | : 245 Kg/m <sup>2</sup> |
| Peso de muros h=0.90 | : 185 Kg/m <sup>2</sup> |
| Peso de muros h=1.30 | : 265 Kg/m <sup>2</sup> |
| Peso de losa         | : 300Kg/m <sup>2</sup>  |
| Tabiquería           | : 120Kg/m <sup>2</sup>  |

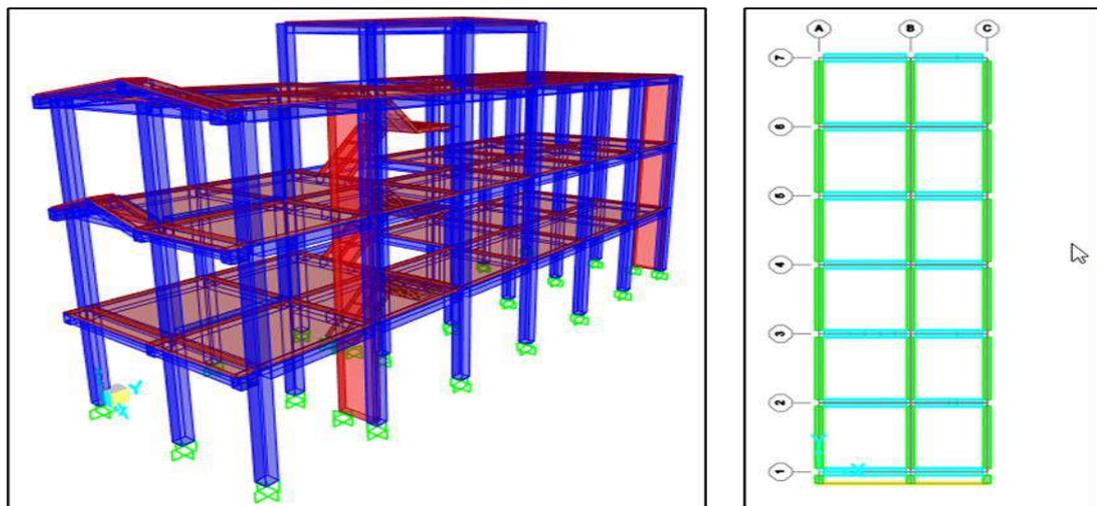
**Sobre Carga (Live):**

|                                      |                         |
|--------------------------------------|-------------------------|
| Sobrecarga de Habitaciones           | : 200 Kg/m <sup>2</sup> |
| Sobrecarga de Corredores y pasadizos | : 200 Kg/m <sup>2</sup> |
| Sobrecarga de Escalera               | : 200 Kg/m <sup>2</sup> |
| Sobrecarga de azotea                 | : 100 Kg/m <sup>2</sup> |
| Sobrecarga de techo liviano          | : 30 Kg/m <sup>2</sup>  |

Fuente: Norma E.020, (2016)

**Anexo N°5. Estructuración final de la edificación y propiedades de los materiales**

Isométrico y planta de la edificación



**Figura 12**

Pórtico en elevación y planta.

Fuente: Sap 2000

**Concreto**

Resistencia a la compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Peso específico  $Pesp = 2.4 \text{ ton/m}^3$

Módulo de elasticidad  $Ec = 217370.65 \text{ kg/cm}^2$

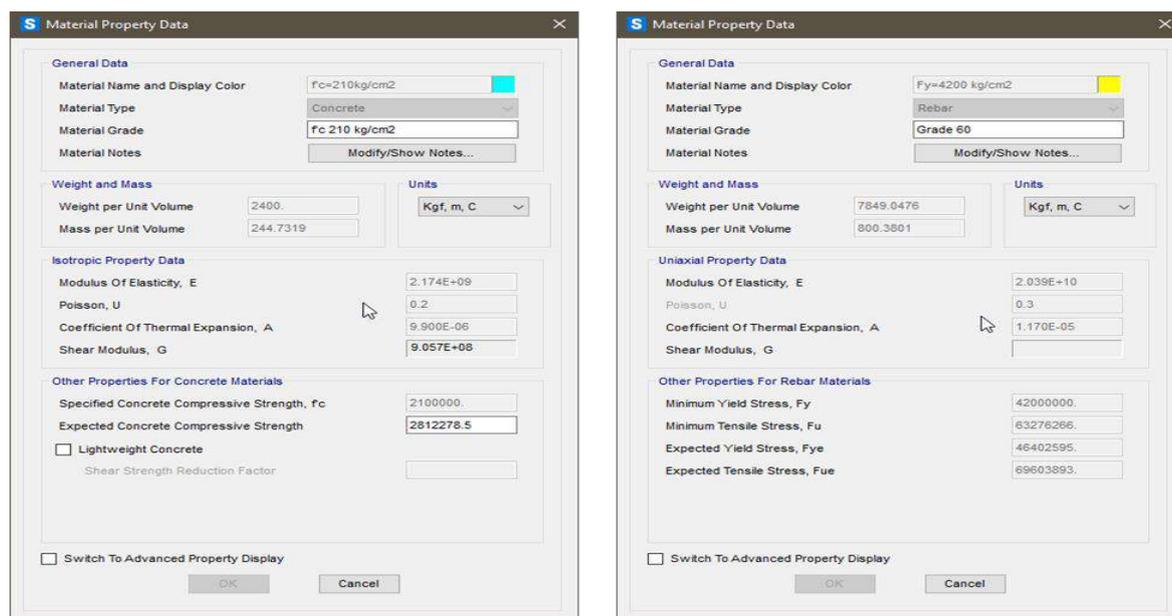
Módulo de Poisson  $\mu = 0.2$

**Acero**

Resistencia a la compresión  $fs = 4200 \text{ kg/cm}^2$ , Grado 60

Módulo de elasticidad  $Es = 2'000,000 \text{ kg/cm}^2$

Deformación al inicio de la fluencia  $\epsilon = 0.0021$



**Figura 13**

Datos del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Fuente: Sap 2000

El análisis sísmico se desarrolló de acuerdo con los lineamientos del R.N.E. de Diseño Sismo Resistente E.030, tomando en consideración una vivienda (SISTEMA DE PÓRTICOS DE CONCRETO – Dirección X-X y Dirección Y-Y) la más crítica de la zona de estudio a través del método estático y dinámico.

Se utilizó el programa de análisis y diseño estructural SAP 2000 para verificar los desplazamientos más grandes de la estructura causados por los terremotos.

### Análisis Sísmico Estático

**Tabla 10**

*Parámetros generales*

| FACTOR                         | NOMENCLATURA | CLASIFICACIÓN                 |                               | VALOR | JUSTIFICACIÓN                             |
|--------------------------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------|-------|---|
|                                |              | CATEGORÍA                     | TIPO                          |       |   |
| Zona                           | Z            | 3                             |                               | 0.35  | Zona Sísmica 3:<br>Tarapoto               |
| Uso                            | U            | C                             |                               | 1.0   | Edificaciones<br>comunes: vivienda        |
| Suelo                          | S            | 3                             |                               | 1.20  | Arcilla arenosa<br>(De E.M.S)             |
|                                | Tp (s)       |                               |                               | 1.60  |   |
| Coeficiente<br>de<br>reducción | Rx           | Pórtico de<br>concreto Armado |                               | 8     | Pórtico de $C^\circ A^\circ$<br>(regular) |
|                                | Ry           |                               | Pórtico de<br>concreto Armado | 8     |   |

Fuente: Elaboración propia, 2023

a) Configuración estructural

Puede ser por irregularidad en planta o altura

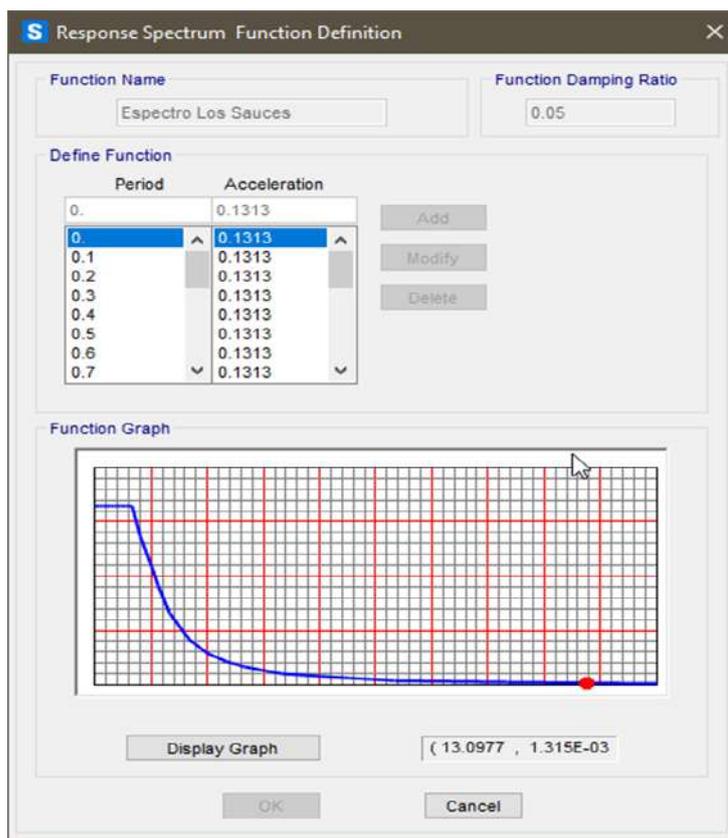
➤ Irregularidad en altura: suelen ser las irregularidades debido a la rigidez o piso blando, irregularidad de la masa y la geometría vertical.

➤ Irregularidad en planta: esquinas entrantes, discontinuidad del diafragma.

b) Análisis Sísmico dinámico

Espectro de Pseudo-Aceleraciones: se calcula con la siguiente formula según NTE-E0.30

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} g$$

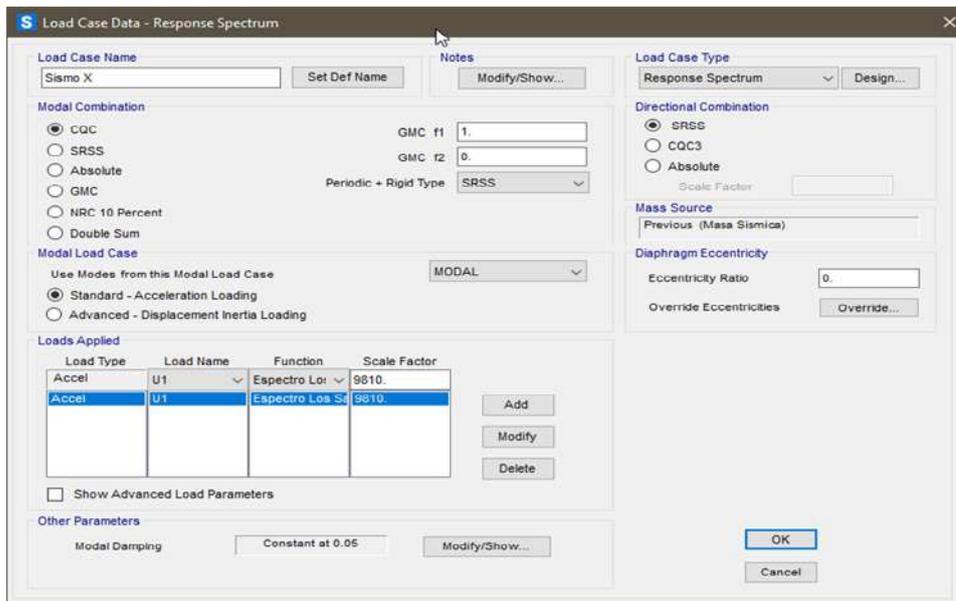


**Figura 14**

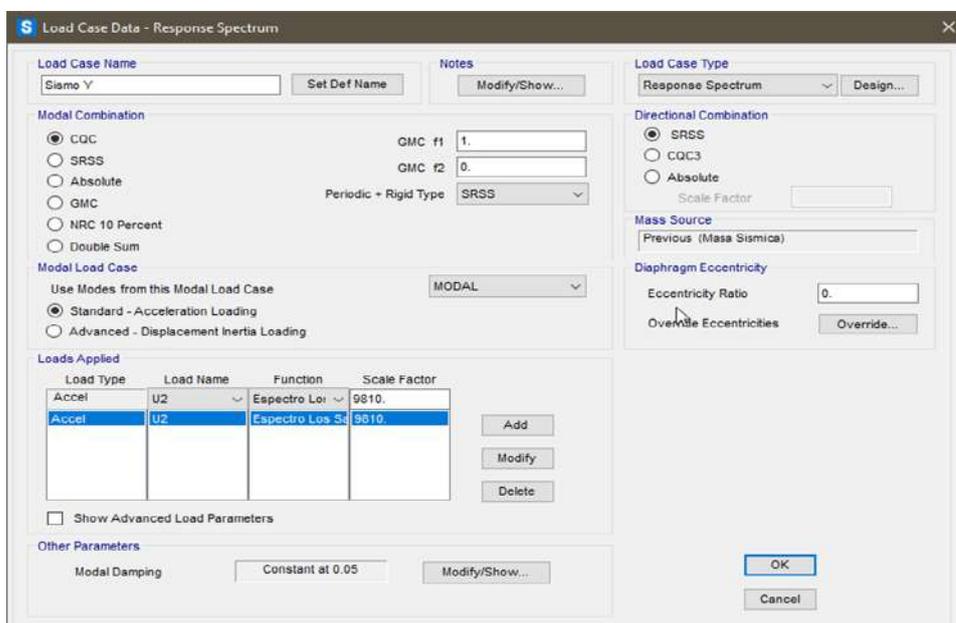
Espectro de pseudo aceleraciones.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

*Se generan las cargas sísmicas dinámicas a través del espectro de respuesta sísmico tanto en la dirección X como Y.*



**Figura 15**  
Espectro respuesta sísmico dirección X.  
Fuente: Elaboración propia, 2023.



**Figura 16**  
Espectro respuesta sísmico dirección Y.  
Fuente: Elaboración propia, 2023.

**a) Desplazamientos Laterales de la Estructura (Derivas)**

Desplazamientos por niveles debido a las fuerzas sísmicas en sentido X e Y en SAP2000.

**b) Análisis Modal**

Un método de análisis que tenga en cuenta las características de rigidez y distribución de masas podría usarse para determinar los modos de vibración.

Los modos de vibración que tengan una masa efectiva de al menos el 90 % de la masa total se considerarán en cada dirección, pero también se considerarán los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis. (Norma E.030, 2020; pág. 28).

|  | OutputCase | ItemType<br>Text | Item<br>Text | Static<br>Percent | Dynamic<br>Percent |
|--|------------|------------------|--------------|-------------------|--------------------|
|  | MODAL      | Acceleration     | UX           | 99.8959           | 93.7346            |
|  | MODAL      | Acceleration     | UY           | 99.9995           | 99.5165            |
|  | MODAL      | Acceleration     | UZ           | 44.2742           | 30.9475            |

**Figura 17**

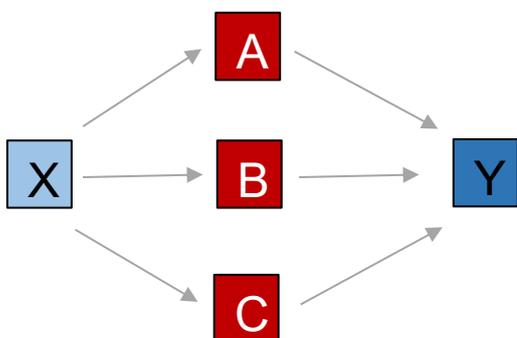
Participación de la masa.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Se puede observar que la estructura cumple con la participación de masa en las direcciones de X e Y, pero no en Z, eso se logrará rigidizando la estructura.

Es importante que los modos de vibración traslacionales sean primero que el rotacional para tener una correcta estructuración no importa en qué modo se encuentre y mientras más se tiene una correcta distribución el porcentaje del rotacional va disminuyendo y el traslacional tiende más al 90 % de la participación de la masa.

#### **Diseño analítico, muestral y experimental**



**Figura 18**

Diseño analítico, muestral y experimental.

Fuente: propia de los autores (2023)

X: Suelos del conjunto habitacional Los Sauces, distrito de la Banda de Shilcayo, provincia de San Martín y región San Martín.

A: Exploración y extracción de muestras.

B: Ensayos de los suelos en laboratorio.

C: Calculo de capacidad portante y zonificación del suelo.

Y: Comportamiento sísmico de una edificación del conjunto habitacional Los Sauces Banda de Shilcayo perteneciente a la provincia de San Martín, región San Martín.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1 Resultados del objetivo específico 1: Exploración, georreferenciación y muestreo de suelos en el Conjunto Habitacional los Sauces Banda de Shilcayo.

**Descripción:** Se logró identificar y ubicar los puntos en la zona de estudio para la extracción de las muestras tanto alteradas como inalteradas, con la respectiva visita y trabajo en campo. Seguidamente se tomó mediciones de los puntos utilizando el sistema de posicionamiento global (GPS), obteniendo la georreferenciación con coordenadas UTM.

**Tabla 11**  
*Referencia de la ubicación de las 12 calicatas*

| CALICATA | UBICACIÓN                 | COORDENADAS UTM        | ALTITUD (msnm) |
|----------|---------------------------|------------------------|----------------|
| C-01     | Calle "B" – Calle "F"     | N: 9279036, E: 0350879 | 292            |
| C-02     | Calle "A" – Calle "F"     | N: 9279131, E: 0350947 | 296            |
| C-03     | Calle "C" – Calle "F"     | N: 9279200, E: 0350997 | 298            |
| C-04     | Calle "B" – Calle "E"     | N: 9279023, E: 0351053 | 282            |
| C-05     | Calle "A" – Calle "E"     | N: 9279070, E: 0351057 | 286            |
| C-06     | Calle "C" – Calle "E"     | N: 9279139, E: 0351106 | 286            |
| C-07     | Calle "B" – Calle "D"     | N: 9279011, E: 0351222 | 266            |
| C-08     | Calle "A" – Calle "D"     | N: 9279057, E: 0351225 | 267            |
| C-09     | Calle "C" – Calle "D"     | N: 9279131, E: 0351230 | 270            |
| C-10     | Calle "B" – Carretera FBT | N: 9279003, E: 0351343 | 260            |
| C-11     | Calle "A" – Carretera FBT | N: 9279049, E: 0351346 | 261            |
| C-12     | Calle "C" – Carretera FBT | N: 9279123, E: 0351351 | 262            |

Fuente: Elaboración propia, 2023

**Discusión:** Con el objetivo de georreferenciar, explorar y muestrear los suelos del conjunto habitacional Los Sauces Banda de Shilcayo, se ubicó mediante GPS, visita de campo y con ayuda del plano urbano, los 12 puntos de exploración para la excavación a cielo abierto y extracción de muestras del suelo a una profundidad de 3.00 m., sin la presencia del nivel freático en la zona de estudio. Así también Vásquez y Rojas (2022), en su investigación en el caserío La Unión Banda de Shilcayo, estudió la mecánica del suelo extrayendo muestras de 18 calicatas distribuidas estratégicamente para abarcar toda el área de influencia del proyecto, tomando en cuenta los puntos de exploración de 3 metros de profundidad. Esto se relaciona con los resultados de nuestra investigación con los antecedentes mencionados.

## 4.2 Resultados del objetivo específico 2: Estudio de suelos.

**Descripción:** Se determinaron los valores según los ensayos realizados de acuerdo a las normas técnicas peruanas, obteniendo la tipología y características geomecánicas de la zona en estudio.

**Tabla 12**

*Resultados de los ensayos de suelos.*

| N° CALICATA | M.  | Prof.     | GRANULOMETRÍA |            | LÍMITES DE ATTERBERG |        |        | Hum. Nat. (%) | Gs    | TRIAXIAL CU       |          |          | TRIAXIAL CU       |          |           | SUCS  | AASHTO  |
|-------------|-----|-----------|---------------|------------|----------------------|--------|--------|---------------|-------|-------------------|----------|----------|-------------------|----------|-----------|-------|---------|
|             |     |           | Malla #04     | Malla #200 | L.L. %               | L.P. % | I.P. % |               |       | $\gamma_n$ gr/cm3 | $\phi$ ° | c kg/cm2 | $\gamma_n$ gr/cm3 | $\phi$ ° | c' kg/cm2 |       |         |
| C-01        | II  | 0.20-3.00 | 82.160%       | 35.110%    | 18.000               | 13.000 | 5.000  | 9.000         | 2.590 | 2.130             | 33.000   | 1.200    | 2.130             | 34.500   | 1.030     | SC-SM | A-4(1)  |
| C-02        | II  | 0.20-3.00 | 99.320%       | 69.080%    | 30.000               | 17.000 | 13.000 | 14.800        | 2.670 | 1.880             | 17.000   | 0.300    | 1.880             | 19.000   | 0.320     | CL    | A-6(7)  |
| C-03        | II  | 0.40-2.00 | 90.820%       | 47.310%    | 23.000               | 13.000 | 10.000 | 23.400        | 2.610 | 1.930             | 17.500   | 0.100    | 1.930             | 26.400   | 0.110     | SC    | A-4(1)  |
|             | III | 2.00-3.00 | 46.050%       | 38.790%    | 24.000               | 14.000 | 10.000 | 16.600        | -     | -                 | -        | -        | -                 | -        | -         | GC    | A-6(0)  |
| C-04        | II  | 0.20-3.00 | 99.560%       | 79.890%    | 32.000               | 19.000 | 13.000 | 16.500        | -     | -                 | -        | -        | -                 | -        | -         | CL    | A-6(9)  |
| C-05        | II  | 0.20-3.00 | 99.640%       | 64.110%    | 35.000               | 18.000 | 17.000 | 12.600        | -     | -                 | -        | -        | -                 | -        | -         | CL    | A-6(8)  |
| C-06        | II  | 0.20-3.00 | 97.850%       | 43.740%    | 22.000               | 14.000 | 8.000  | 10.900        | 2.570 | 1.930             | 23.500   | 0.000    | 1.930             | 31.400   | 0.000     | SC    | A-4(1)  |
| C-07        | II  | 0.20-3.00 | 100.000%      | 88.380%    | 39.000               | 22.000 | 17.000 | 16.300        | -     | -                 | -        | -        | -                 | -        | -         | CL    | A-6(11) |
| C-08        | II  | 0.20-3.00 | 99.580%       | 74.350%    | 37.000               | 19.000 | 18.000 | 15.400        | -     | -                 | -        | -        | -                 | -        | -         | CL    | A-6(10) |
| C-09        | II  | 0.20-3.00 | 100.000%      | 84.390%    | 36.000               | 19.000 | 17.000 | 15.700        | -     | -                 | -        | -        | -                 | -        | -         | CL    | A-6(11) |
| C-10        | II  | 0.20-3.00 | 87.920%       | 65.620%    | 29.000               | 20.000 | 9.000  | 21.600        | 2.630 | 1.810             | 22.000   | 0.400    | 1.810             | 29.900   | 0.170     | CL    | A-4(6)  |
| C-11        | II  | 0.20-3.00 | 99.850%       | 65.520%    | 32.000               | 21.000 | 11.000 | 27.400        | -     | -                 | -        | -        | -                 | -        | -         | CL    | A-6(6)  |
| C-12        | II  | 0.20-3.00 | 99.780%       | 96.790%    | 26.000               | 16.000 | 10.000 | 13.300        | -     | -                 | -        | -        | -                 | -        | -         | CL    | A-4(8)  |

Fuente: elaboración propia (2023)

Los resultados en formato editable lo pueden encontrar en el siguiente link:

[https://drive.google.com/drive/folders/16H5f1GnW7BsuqKMR0to04LTkD4k5fMY5?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/16H5f1GnW7BsuqKMR0to04LTkD4k5fMY5?usp=drive_link)

**Discusión:** En conformidad con los resultados y la Norma Técnica de Edificación E.050 suelos y cimentaciones, se determinaron:

Granulometría: El porcentaje de finos que pasa la malla N° 200 varían entre 35.11 % y 96.79 %.

Límites de consistencia: Las muestras presentan límites líquidos entre 18 % y 39 %, para el límite plástico los valores varían entre 13% y 22% y obteniendo los índices plásticos entre 5% y 18%.

Contenido de humedad natural: Se obtuvo resultados entre 9% y 27.4%, en su mayoría suelos arcillosos secos.

Triaxial: Se seleccionaron 5 muestras inalteradas obteniendo los resultados de cohesión que varían entre 0 a 1.03 kg/cm<sup>2</sup>, estos valores dependen del contenido de humedad del suelo, y en el caso del ángulo de fricción varían entre 19° y 34.5°, esto depende principalmente de la granulometría, debido a que las superficies de contacto entre las partículas ofrecen una gran resistencia al deslizamiento.

### 4.3 Resultados del objetivo específico 3: Elaborar los perfiles estratigráficos de los suelos en estudio.

**Descripción:** Se elaboró los perfiles estratigráficos del suelo, obtenidos de los resultados en los puntos de exploración.

**Tabla 13**  
*Resultados de la estratigrafía del suelo*

| CALICATA | ESTRATO   |   |     |
|----------|---|---|-----|
|          | I   | II  | III |
| C-01     | Descripción: Suelo arcilloso con presencia de raíces.<br>AASHTO: A-8<br>SUCS: CL-Pt<br>Profundidad: 0.20 m.<br>W% = - | Descripción: Arena limosa – arcillosa con grava, con matriz de arena color amarillo, con presencia de gravas subredondeadas hasta de 1 ½".<br>AASHTO: A-4(1)<br>SUCS: SC-SM<br>Profundidad: 2.80<br>W% = 9.00 | --  |
| C-02     | Descripción: Suelo arcilloso con presencia de raíces.<br>AASHTO: A-8<br>SUCS: CL-Pt<br>Profundidad: 0.20 m.<br>W% = - | Descripción: Arcilla arenosa de baja plasticidad, con presencia de finos de 69.08%.<br>AASHTO: A-6(7)<br>SUCS: CL<br>Profundidad: 2.80 m<br>W% = 14.8   | --  |

|      |   |  |  |
|------|---|--|--|
| C-03 | Descripción: Suelo arcilloso con presencia de raíces.<br>AASHTO: A-8<br>SUCS: CL-Pt<br>Profundidad: 0.40 m.<br>W% = - | Descripción: Arena arcillosa, marrón con betas amarillas y blancas, con presencia de 47.31 % de finos.<br>AASHTO: A-4(1)<br>SUCS: SC<br>Profundidad: 1.60 m.<br>W% = 23.4          | Descripción: Grava arcillosa, grava subredondeadas, matriz color amarilla, con presencia de finos de 38.79 %.<br>AASHTO: A-6(0)<br>SUCS: GC<br>Profundidad: 1.00 m.<br>W% = 16.6 |
| C-04 | Descripción: Suelo arcilloso con presencia de raíces.<br>AASHTO: A-8<br>SUCS: CL-Pt<br>Profundidad: 0.20 m.<br>W% = - | Descripción: Arcilla de baja plasticidad con arena, con 79.89 % de finos, amarillo.<br>AASHTO: A-6(9)<br>SUCS: CL<br>Profundidad: 2.80 m.<br>W% = 16.5                             | --   |
| C-05 | Descripción: Suelo arcilloso con presencia de raíces.<br>AASHTO: A-8<br>SUCS: CL-Pt<br>Profundidad: 0.20 m.<br>W% = - | Descripción: Arcilla arenosa de baja plasticidad, con presencia de finos de 64.11 %.<br>AASHTO: A-6(8)<br>SUCS: CL<br>Profundidad 2.80 m.<br>W% = 12.6                             | --   |
| C-06 | Descripción: Suelo arcilloso con presencia de raíces.<br>AASHTO: A-8<br>SUCS: CL-Pt<br>Profundidad: 0.30 m.<br>W% = - | Descripción: Arena arcillosa, con matriz de arena color marrón, con presencia de gravas arenosas hasta de 3/8".<br>AASHTO: A-4(1)<br>SUCS: SC<br>Profundidad: 2.80 m.<br>W% = 10.9 | --   |
| C-07 | Descripción: Suelo arcilloso con presencia de raíces.<br>AASHTO: A-8<br>SUCS: CL-Pt<br>Profundidad: 0.30 m.<br>W% = - | Descripción: Arcilla de baja plasticidad, marrón oscuro, con presencia de finos de 88.38 %.<br>AASHTO: A-6(11)<br>SUCS: CL<br>Profundidad: 2.70 m.<br>W% = 16.3                    | --   |
| C-08 | Descripción: Suelo arcilloso con presencia de raíces.<br>AASHTO: A-8<br>SUCS: CL-Pt<br>Profundidad: 0.30 m.<br>W% = - | Descripción: Arcilla de baja plasticidad con arena, naranja, con presencia de 74.35 % de finos.<br>AASHTO: A-6(10)<br>SUCS: CL<br>Profundidad: 2.70 m.<br>W% = 15.4                | --   |
| C-09 | Descripción: Suelo arcilloso con presencia de raíces.<br>AASHTO: A-8<br>SUCS: CL-Pt<br>Profundidad: 0.30 m.<br>W% = - | Descripción: Arcilla de baja plasticidad con arena, con 84.39% de finos, color naranja.<br>AASHTO: A-6(11)<br>SUCS: CL<br>Profundidad: 2.70 m.<br>W% = 15.7                        | --   |

|      |   |  |    |
|------|---|--|----|
| C-10 | Descripción: Suelo arcilloso con presencia de raíces.<br>AASHTO: A-8<br>SUCS: CL-Pt<br>Profundidad: 0.30 m.<br>W% = - | Descripción: Arcilla arenosa de baja plasticidad, 65.62 % de finos, color amarillo.<br>AASHTO: A-4(6)<br>SUCS: CL<br>Profundidad: 2.70 m.<br>W% = 21.6                   | -- |
| C-11 | Descripción: Suelo arcilloso con presencia de raíces.<br>AASHTO: A-8<br>SUCS: CL-Pt<br>Profundidad: 0.20 m.<br>W% = - | Descripción: Arcilla arenosa de baja plasticidad, con presencia de 65.52 % de finos, color amarillo.<br>AASHTO: A-6(6)<br>SUCS: CL<br>Profundidad: 2.80 m.<br>W% = 27.40 | -- |
| C-12 | Descripción: Suelo arcilloso con presencia de raíces.<br>AASHTO: A-8<br>SUCS: CL-Pt<br>Profundidad: 0.20 m.<br>W% = - | Descripción: Arcilla de baja plasticidad, color amarillo, con presencia de finos de 96.79 %.<br>AASHTO: A-4(8)<br>SUCS: CL<br>Profundidad: 2.80 m.<br>W% = 13.3          | -- |

Fuente: elaboración propia (2023)

**Discusión:** En acuerdo con los resultados y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS (ASTM D 2487), se pudo distinguir la presencia de material orgánico en los primeros 0.20 o 0.30 metros excavados, material arcilloso con presencia de raíces, y posteriormente de los 2.80 o 2.70 metros se obtuvo material inorgánico en su mayoría suelos arcillosos, siendo comparados con la descripción visual-manual (ASTM D 2488), procediendo a relacionar las diferencias de los resultados para obtener los perfiles estratigráficos.

#### 4.4 Resultados del objetivo específico 4: Determinación de la capacidad portante de los suelos.

**Descripción:** Se realizó la memoria de cálculo (Anexo) utilizando la norma E050, usando los valores respectivos del ensayo triaxial, para una cimentación cuadrada y un factor de seguridad igual a 3, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 14**  
*Resultados del cálculo de capacidad portante*

| N° de Calicata | Muestra | Referencia                | Qadm (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|---------|---------------------------|----------------------------|
| C-01           | II      | Calle "B" – Calle "F"     | 4.30                       |
| C-02           | II      | Calle "A" – Calle "F"     | 0.66                       |
| C-03           | II      | Calle "C" – Calle "F"     | 1.41                       |
| C-06           | II      | Calle "C" – Calle "E"     | 2.60                       |
| C-10           | II      | Calle "B" – Carretera FBT | 0.35                       |

Fuente: Elaboración propia, 2023

**Discusión:** Aplicando la norma E 050, Artículo 17 R.N.E, se obtuvo 5 valores de capacidad portante, con un valor máximo en la calicata C – 01 Calle "B" – Calle "F" de

4.30 kg/cm<sup>2</sup> y un valor mínimo en la calicata C – 10 Calle “B” – Carretera FBT de 0.35 kg/cm<sup>2</sup>, siendo estos referenciados con el trabajo de investigación de Vásquez (2022), donde el valor máximo y mínimo de capacidad portante son 0.987 kg/cm<sup>2</sup> y 0.576 kg/cm<sup>2</sup>, teniendo así un suelo con un valor mayor por encima del comparado como también un valor muy menor de lo obtenido, teniendo así un terreno de fundación no tan estable para las futuras edificaciones, debido a los cálculos obtenidos.

#### 4.5 Resultados del objetivo específico 5: Elaborar un mapa de zonificación de los suelos.

**Descripción:** Zonificamos el área en estudio a las características físicas según la clasificación SUCS, y a las características mecánicas obtenidas aplicando la norma E050, mostrando los siguientes cuadros resumen:

**Tabla 15**  
*Resultados de zonificación según su clasificación*

| CLASIFICACION DEL SUELO | N° CALICATA |
|-------------------------|-------------|
| SC – SM                 | C – 01      |
| CL                      | C – 02      |
| SC                      | C – 03      |
| CL                      | C – 04      |
| CL                      | C – 05      |
| SC                      | C – 06      |
| CL                      | C – 07      |
| CL                      | C – 08      |
| CL                      | C – 09      |
| CL                      | C – 10      |
| CL                      | C – 11      |
| CL                      | C – 12      |

Fuente: Elaboración propia, 2023

**Tabla 16**  
*Resultados de zonificación según su capacidad portante*

| Tipo de Zona | N° Calicata | Qadm (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------|-------------|----------------------------|
| I            | C – 02      | 0.35 – 0.66                |
|              | C – 04      |                            |
|              | C – 05      |                            |
|              | C – 07      |                            |
|              | C – 08      |                            |
|              | C – 09      |                            |
|              | C – 10      |                            |
|              | C – 11      |                            |
|              | C – 12      |                            |
| II           | C – 3       | 1.41 – 2.60                |
|              | C – 6       |                            |
| II           | C – 01      | 4.3                        |

Fuente: Elaboración propia, 2023



distrito de la Banda de Shilcayo, obtuvo la tipología de suelo CL (arcillas de baja plasticidad, SM (arena limosa) y SM-SC (arena limosa-arcillosa), donde se contrasta que los suelos tienen similitud a los encontrados en la zona de estudio.

**Discusión 2.** – Teniendo en cuenta el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E.050 Suelos y Cimentaciones, capítulo III) se escogió el menor valor de capacidad portante de cada sector zonificado, obteniendo:

**Zona 1:** La capacidad de soporte está entre 0.35 kg/cm<sup>2</sup> a 0.66 kg/cm<sup>2</sup>, tomando en consideración el valor menor de 0.35 kg/cm<sup>2</sup>, y abarca las calicatas C-2, C-4, C-5, C-7, C-8, C-9, C-10, C-11, C-12, repartidas en su mayoría de la zona de estudio.

**Zona 2:** La capacidad de soporte varía entre 1.41 kg/cm<sup>2</sup> a 2.60 kg/cm<sup>2</sup>, tomando en consideración el valor menor de 1.41 kg/cm<sup>2</sup>, abarcando las calicatas C-3 y C-6, ubicadas en la parte alta posterior derecho de la zona de estudio.

**Zona 3:** La capacidad de soporte es de 4.3 kg/cm<sup>2</sup>, que abarca la calicata C-1, y ubicada en la parte superior lado izquierdo de la zona de estudio.

Teniendo como referencia el proyecto de investigación “ESTUDIO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS DEL CENTRO POBLADO LAS PALMAS, DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO”, tienen como resultados valores cercanos a los obtenidos del estudio mencionado, por lo que es necesario un mejoramiento del suelo o recomendar una adecuada cimentación, ya que la mayoría del área de estudio presenta un suelo de capacidad de carga crítico.

#### **4.6 Resultados del objetivo específico 6: Simulación del comportamiento sísmico de las edificaciones, usando el software SAP 2000.**

**Descripción:** Se obtuvo los siguientes resultados tanto del análisis sísmico estático y análisis sísmico dinámico.

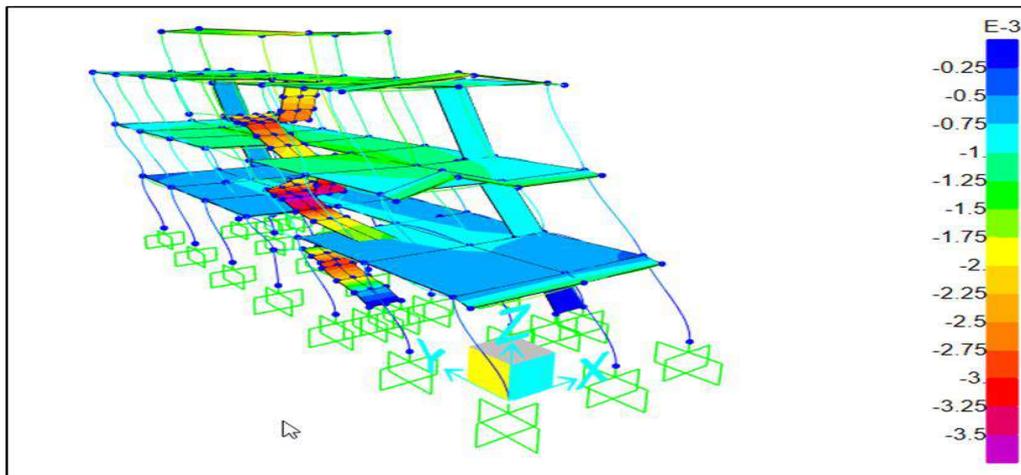
**Tabla 17**

*Tipos de irregularidades en planta y altura en edificaciones*

| <b>Irregularidades estructurales en altura</b> | <b>Resultado</b>  |
|--|---|
| <b>Irregularidades de Rigidez -Piso Blando</b> | Al existir cuatro niveles y teniendo en cuenta que se mantiene el sistema estructural y las dimensiones de los módulos en los cuatro pisos, es por ello que nuestra estructura no tiene esta irregularidad. |
| <b>Irregularidades de masa</b>                 | No se considera esta irregularidad por la uniformidad de masas en sus tres niveles.   |

|  |   |
|--|---|
| <b>Irregularidad Geométrica Vertical</b>       | Esta irregularidad no se aplica en nuestro módulo ya que se mantiene la planta típica en su geometría.  |
| <b>Irregularidades estructurales en planta</b> | <b>Resultado</b>  |
| <b>Irregularidad torsional</b>                 | Las derivas se encuentran por debajo del 50% de lo permitido (0.007) en ambas direcciones, por tal motivo nuestras edificaciones no cuentan con esta irregularidad. |
| <b>Esquinas entrantes</b>                      | En nuestra edificación no existe esta irregularidad puesto que son casi rectangulares.  |
| <b>Discontinuidad del Diafragma</b>            | En nuestra edificación no existe esta irregularidad puesta las aberturas o ductos con respecto al área total de planta no excede el 50% del área bruta.             |

Fuente: Elaboración propia, 2023



**Figura 21**

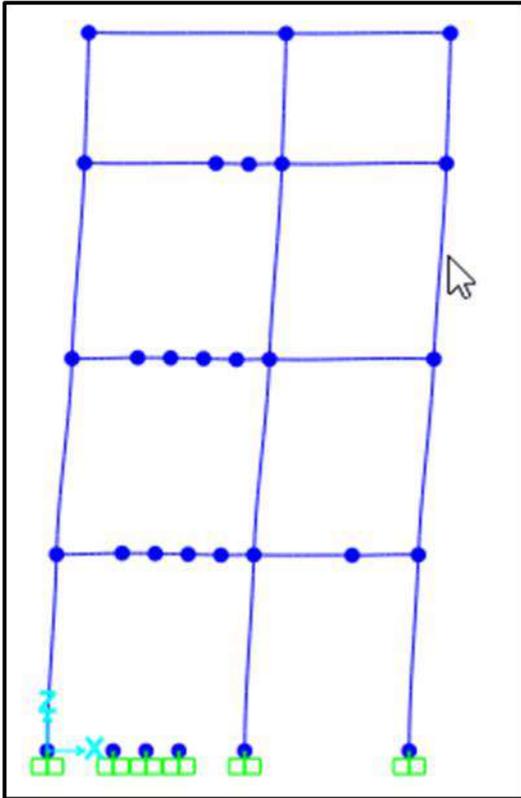
Deformación de una estructura de 4 niveles con zapatas aisladas.

Fuente: Elaboración propia, 2023

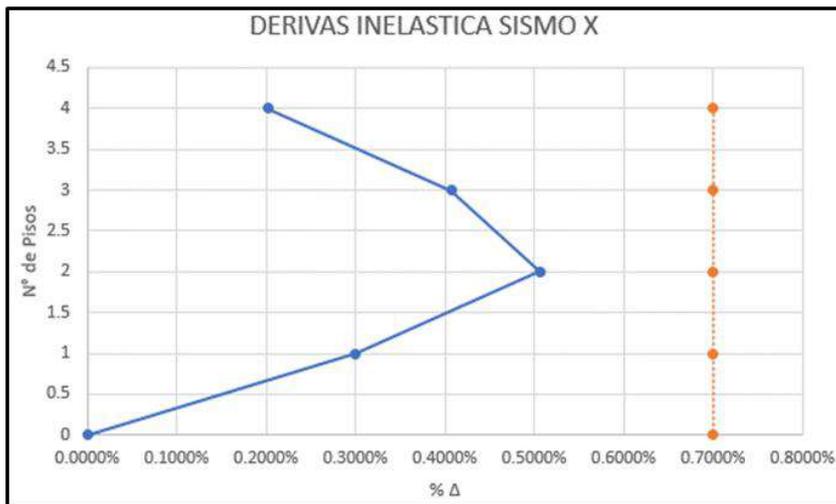
Los resultados de la deformación obtenidos al desarrollar la simulación en el programa Sap2000 V.20.0, fueron de  $\delta_{max}=0.0035$  m

### **Análisis Sísmico Dinámico:**

Resultados de desplazamiento en el eje horizontal X-X:

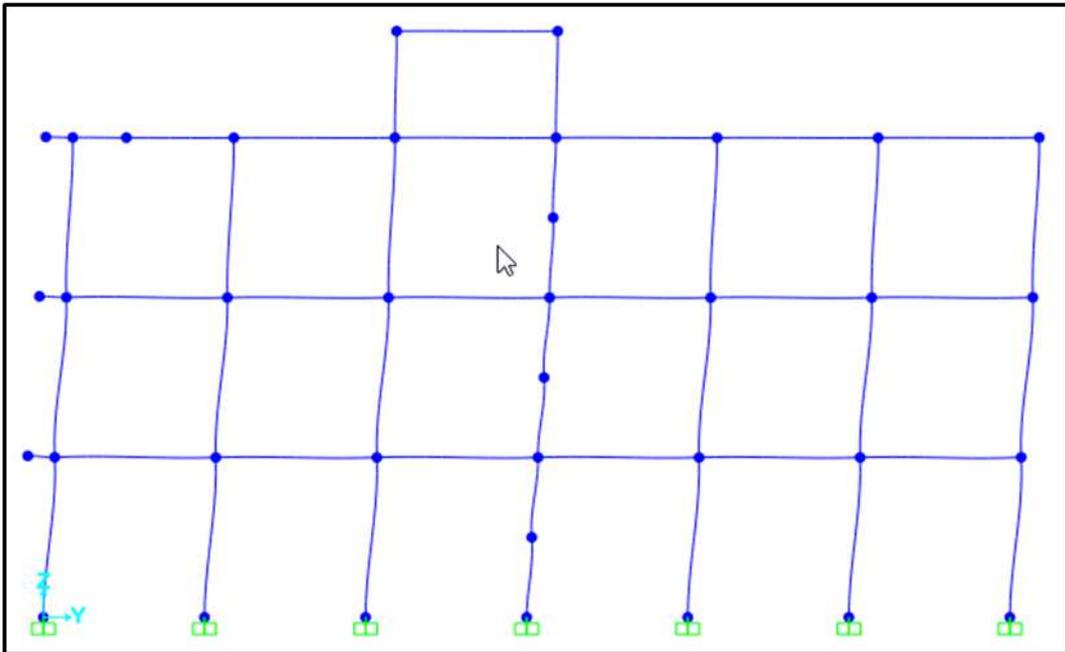


**Figura 22**  
Desplazamiento en la dirección X-X.  
Fuente: Elaboración propia, 2023

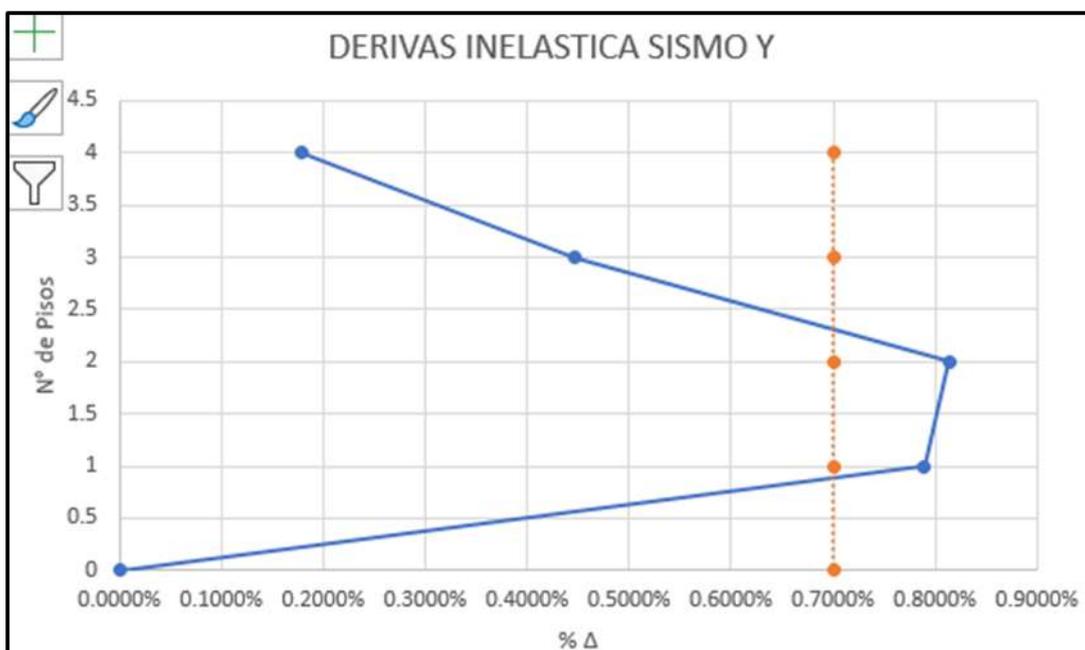


**Figura 23**  
Deriva inelástica de sismo en la dirección X-X.  
Fuente: Elaboración propia, 2023

Resultados de desplazamiento en el eje vertical Y-Y:



**Figura 24**  
Desplazamiento en la dirección Y-Y.  
Fuente: Elaboración propia, 2023



**Figura 25**  
Deriva inelástica de sismo en la dirección Y-Y.  
Fuente: Elaboración propia, 2023

Dónde:  $\Delta i/h_e$  = Desplazamiento relativo de entrepiso

Además:  $\Delta iX/h_eX$  (máx.) = 0.0070 (2020, NTE E.030, pág. 31)

Los resultados se muestran a continuación realizada en cada dirección de análisis:

**Tabla 18**  
*Desplazamientos de laterales de la estructura (Deriva max)*

| Piso    | Altura (m) | Desplazamiento X (mm) | Desplazamiento Y (mm) | Deriva X Elástica $\Delta$ | Deriva Y Elástica $\Delta$ | Deriva Inelástica X, Elástica $\Delta$ | Deriva Inelástica Y, Elástica $\Delta$ | Deriva Inelástica $\Delta X$ | Deriva Inelástica $\Delta Y$ |
|---------|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|--|--|------------------------------|------------------------------|
| Nivel 0 | 11.0       | 8.977372              | 14.465397             | 0.000447                   | 0.000399                   | 0.002013                               | 0.001793                               | 0.201300%                    | 0.179300%                    |
| Piso3   | 9.00       | 8.082718              | 13.668306             | 0.000904                   | 0.000994                   | 0.004068                               | 0.004474                               | 0.406800%                    | 0.447000%                    |
| Piso2   | 6.00       | 5.370901              | 10.685389             | 0.001124                   | 0.001808                   | 0.005057                               | 0.008137                               | 0.505700%                    | 0.813000%                    |
| Piso1   | 3.00       | 1.99938               | 5.260455              | 0.000666                   | 0.001753                   | 0.002999                               | 0.007891                               | 0.299900%                    | 0.789000%                    |

Fuente: Elaboración propia, 2023

Los resultados obtenidos cumplen con lo dispuesto en la norma para el sismo en la dirección X cumple, pero para la dirección en Y la estructura no cumple según los parámetros establecidos en la norma para estructuras de concreto armado. E-030 <0.007.

**Tabla 19**  
*Ratios de masas modales participantes*

| Output Case Text | StepType Text | StepNumber Unitless | Period Sec | UX Unitless   | UY Unitless | SumUX Unitless | SumUY Unitless | RZ Unitless  | SumRZ Unitless |
|------------------|---------------|---------------------|------------|---------------|-------------|----------------|----------------|--------------|----------------|
| MODAL            | Mode          | 1                   | 0.575893   | 0.000037970   | 0.880000    | 0.00003797     | 0.880          | 0.000005356  | 0.000005356    |
| MODAL            | Mode          | 2                   | 0.431425   | 0.700000      | 0.00003542  | 0.70           | 0.880          | 0.093510     | 0.094          |
| MODAL            | Mode          | 3                   | 0.382321   | 0.088430      | 0.000002419 | 0.79           | 0.880          | 0.690000     | 0.780          |
| MODAL            | Mode          | 4                   | 0.194715   | 0.00000041470 | 0.093990    | 0.79           | 0.970          | 0.000001090  | 0.780          |
| MODAL            | Mode          | 5                   | 0.129442   | 0.120000      | 0.000061320 | 0.90           | 0.970          | 0.011940     | 0.800          |
| MODAL            | Mode          | 6                   | 0.122930   | 0.0001932     | 0.022960    | 0.90           | 0.990          | 0.00008805   | 0.800          |
| MODAL            | Mode          | 7                   | 0.104322   | 0.012180      | 0.000002831 | 0.92           | 0.990          | 0.120000     | 0.920          |
| MODAL            | Mode          | 8                   | 0.089482   | 0.000592      | 0.0001671   | 0.92           | 1.000          | 0.004614     | 0.920          |
| MODAL            | Mode          | 9                   | 0.087962   | 0.004391      | 0.00003238  | 0.92           | 1.000          | 0.009539     | 0.930          |
| MODAL            | Mode          | 10                  | 0.086024   | 0.015580      | 0.000003038 | 0.94           | 1.000          | 0.001234     | 0.940          |
| MODAL            | Mode          | 11                  | 0.057551   | 0.000008569   | 0.000001098 | 0.94           | 1.000          | 0.0000009851 | 0.940          |
| MODAL            | Mode          | 12                  | 0.054633   | 0.000140      | 0.000002226 | 0.94           | 1.000          | 0.00003432   | 0.940          |

Elaboración propia, 2023.

- Verificar que el último modo de vibración en Ux, Uy, Rz pase el 90 %.
- Se verificó que el primer modo de Vibración es traslacional en el sentido en Y con un periodo de  $T=0.576$  seg. aportando una masa del 88 % a la estructura.
- Se verificó que el segundo modo de Vibración es traslacional en el sentido en X con un periodo de  $T=0.431$  seg. aportando una masa del 70 % a la estructura.
- Se verificó que el segundo modo de Vibración es rotacional en el sentido en Z con un periodo de  $T=0.431$  seg aportando una masa del 69 % a la estructura.
- Estos valores se utilizarán para calcular el cortante estático de la base, el dinámico, para el posterior diseño de la estructura, la cual no compete en esta investigación.
- Importante tener en cuenta que mientras más acercamos el periodo de vibración rotacional al 90% de la participación de la masa, e rotacional va a tender a 0 y por lo tanto se tendrá una edificación más estable.

Se presenta el siguiente link donde se desarrolló el modelado:  
[https://drive.google.com/drive/folders/1UmaU5UEyMnznI\\_eBn\\_b2Nslw4rXyHd2E?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1UmaU5UEyMnznI_eBn_b2Nslw4rXyHd2E?usp=sharing)

**Discusión:** De manera similar con el proyecto de investigación de Benito Guadalupe (2022), El análisis sísmico de una vivienda multifamiliar concluyó que un diseño estructural adecuado mejora el análisis sísmico de la estructura porque los elementos estructurales brindan la rigidez adecuada para tener un comportamiento acorde durante un evento sísmico porque los desplazamientos laterales en ambos sentidos son menores a la máxima admisible de 0.007 especificada en la norma E.030 del RNE.

## CONCLUSIONES

- Se hizo la ubicación y extracción de los puntos de muestreo georreferenciados del suelo del conjunto habitacional Los Sauces - Banda de Shilcayo.
- Se obtuvo suelos tipo SC-SM (arena limosa-arcillosa con plasticidad), SC (arena arcillosa) y el predominante en la zona es CL (arcilla de baja plasticidad), de acuerdo a la clasificación SUCS, realizado en los ensayos de laboratorio.
- Se determinó la capacidad portante usando la norma E.050, teniendo: C1 - 4.30 kg/cm<sup>2</sup>, C2 - 0.66 kg/cm<sup>2</sup>, C3 - 1.41 kg/cm<sup>2</sup>, C6 - 2.60 kg/cm<sup>2</sup> y C10 - 0.35 kg/cm<sup>2</sup>, y tener en consideración el tipo de cimentación por los valores obtenidos.
- Se zonificó los suelos de Los Sauces – Banda de Shilcayo, donde:  
Zona 1: abarca las calicatas C-2, C-4, C-5, C-7, C-8, C-9, C-10, C-11, C-12, teniendo como capacidad portante entre 0.35 kg/cm<sup>2</sup> a 0.60 kg/cm<sup>2</sup>.  
Zona 2: abarcando las calicatas C-3 y C-6, con capacidad portante entre 1.41 kg/cm<sup>2</sup> a 2.60 kg/cm<sup>2</sup>.  
Zona 3: capacidad portante de 4.3 kg/cm<sup>2</sup>, que abarca la calicata C-1.
- De los análisis de los elementos estructurales proyectados: se concluye que los elementos tienen la capacidad para soportar las cargas proyectadas gravitacionales, de acuerdo al R.N.E. y sus normas E-050; E-060; y E-020.
- Según los resultados del análisis estático y determina que falta rigidizar en el sentido y-y ya que no cumple con las derivas que indica la norma E-0.30.
- Según los datos obtenidos la deformación máxima de la estructura es de  $\delta_{max} = 0.0035$  metros.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda dejar limpio y sin dañar la propiedad privada en el punto de extracción y por consiguiente seguir desarrollando las normas vigentes al momento de realizar.
- Se recomienda tener los materiales de extracción en buen estado y los equipos de laboratorios calibrados y en buen estado, para que en el traslado de muestras evitar perder sus propiedades naturales y obtener resultados más precisos.
- Por la zonificación de la capacidad portante obtenida en la zona del proyecto, se recomienda analizar detalladamente el tipo de cimentación según la edificación a construir, y que debe tomar en consideración la población o el personal responsable al realizar una obra.
- Los resultados del análisis sísmico muestran que el modelo de la edificación cumple con las comprobaciones necesarias del RNE E-0.30, por lo que sería recomendable realizar a todas las viviendas de la zona de estudio para una verificación más exacta y precisa de las edificaciones y de las futuras por hacer.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alva Hurtado, J. E. (s.f.). *CIMENTACIONES SUPERFICIALES*. Obtenido de [https://www.jorgealvahurtado.com/files/labgeo26\\_a.pdf](https://www.jorgealvahurtado.com/files/labgeo26_a.pdf).
- Archenti Zegarra, J. F. (2018). *Zonificación de la capacidad portante del suelo en la localidad de Lagunas distrito de Lagunas, Alto Amazonas - región de Loreto*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín.
- Arias Gonzales, J. L. (2020). *Proyecto de tesis, Guia para la elaboracion* . Arequipa: Biblioteca Nacional Del Peru.
- Arora, K. R. (2004). *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. Delhi: Standard Publishers Distributors.
- Bances , S. L., & Jimenez Granda, J. F. (2017). *Diseño de la capacidad portante del suelo del distrito de Saramiriza provincia del Daten, región Loreto*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín.
- Baque Parrales , G. A. (2017). *Caracterización físico - mecánicas del suelo para cimentación en edificaciones de categoría baja, sector By Pass – John F. Kennedy, ciudad Jipijapa*. Manabi: Universidad Estatal Del Sur Manabi.
- Becerra Quispe , N. D., Almora Alvarez , O. B., Echevarría Cabrera, D. A., & Montufar Canal , K. A. (2020). *Métodos in-situ de obtención de parámetros de resistencia al corte en arcillas*. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Bohl Arbulú , A. M. (2006). *Determinación de los factores de reducción de capacidad de suelos y su aplicación en el diseño geotécnico – Volumen I*. Lima: Universidad De Ciencias Aplicadas.
- Braja M. Das. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones - 7ma edicion*. Mexico: Cengage Learning.
- Briaud Jean-Louis. (2013). *Geotechnical Engineering: Unsaturated and Saturated Soils*. New Jersey: John Wiley and Sons.
- Briones Alva , M. E., & Irigoien Gonzales , N. U. (2015). *Zonificación mediante el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) y la capacidad portante del suelo, para viviendas unifamiliares en la expansión urbana del anexo Lucmacucho alto - sector Lucmacucho, distrito de Cajamarca* . Cajamarca : Universidad Privada Del Norte .
- Budhu Muni. (2015). *Soil Mechanics Fundamentals*. Library of Congress Cataloging. .
- Celis Grández , J. E., & Villacis del Castillo, T. A. (2018). *Zonificación de la capacidad portante de los suelos de la localidad de Shamboyacu, provincia de Picota, Región San Martín*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martin.
- Craig , R. F. (2004). *“Craig's Soil Mechanics”, Seventh Edition*. University of Dundee UK.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecanica de suelos y cimentaciones*. Mexico: Limusa.
- Fernández Gálvez , R. A. (2015). *Capacidad Portante con Fines de Cimentación Mediante los Ensayos SPT Y Corte Directo en el Distrito de Aguas Verdes-*

*Tumbes*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca – Unidad de Postgrado.

- Fernández Muñoz, W. R. (2015). *Evaluación de la capacidad portante de los suelos de fundación de la Ciudad universitaria – Universidad Nacional de Cajamarca - 2014*. Cajamarca : Universidad Nacional De Cajamarca – Unidad De Postgrado.
- Fernández Polo, J. B. (2022). *Zonificación de suelos para el diseño de cimentaciones superficiales en el sector Choc Choc, distrito de Moche, Trujillo, La Libertad*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego .
- Garay Pua, D. J. (2017). *Diseño de la capacidad portante del suelo del distrito de San Lorenzo, provincia del Datem, región Loreto*. 2017: Universidad Nacional de San Martín.
- Garzón Roca, J., & Torrijo Echarri, F. J. (s.f.). *Cálculo geotécnico de una cimentación profunda en base a la formulación analítica del Código Técnico de la Edificación*. València: Universitat Politècnica de València.
- Gobierno Regional De San Martin. (2022). *E.T. "Mejoramiento y creación del camino vecinal que une el sector Chambira y el caserío San Juan del Caño, provincia de Mariscal Cáceres - San Martín"*. Juanjui: Proyecto Especial Huallaga Central.
- Guerrero Loayza, E. (2017). *Zonificación de la capacidad portante del suelo del sector Monterrey del distrito de Nueva Cajamarca – provincia de Rioja – región San Martín*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín.
- Guerrero Lozano, R. K., & Vidaurre Ríos, K. F. (2018). *Estudio de la capacidad portante y zonificación de los suelos del distrito de Cacatachi San Martín – San Martín*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín.
- Huerta Quispe, P. C., Luza Cahuana, E. A., Morales Oré, S. J., & Gamero Motta, H. G. (2020). *Análisis y propuesta de unificación sobre el criterio de presiones admisibles del suelo indicado en las Normas Técnicas Peruanas E.060, E.030 y E.050*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Huingo Pizarro, R. B., & Chumacero Acaro, E. A. (2018). *Zonificación de la capacidad portante de los suelos de las localidades de Roque y Pinshapampa del distrito de Alonso de Alvarado Provincia de Lamas Región San Martín*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín.
- Ibáñez Mora, L. O. (2017). *Análisis de la influencia de la profundidad de cimentación en la disminución de asentamientos en losas de fundación combinadas con pilotes*. Santa Clara - Cuba: Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.
- Jimenez Flores, J. F. (2010). *Zonificación de la capacidad portante del suelo del distrito de La Banda de Shilcayo*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín.
- Juarez Badillo, E., & Rico Rodriguez, A. (2005). *Fundamentos de la mecánica de suelos*. Mexico: Limusa.
- Lozano Lopez, J. P., & Ventura Fernandez, R. L. (2021). *Estudio Geotécnico Empleando la Teoría de Terzaghi para Determinar la Cimentación de I.E. San Francisco de Asís, Oxapampa-Pasco*. Lima : Universidad Cesar Vallejo.

- Mejia Sanchez, R. A., & Chu Paredes, M. J. (2022). *Evaluación preliminar de la capacidad portante de los suelos saturados de los predios aledaños al río Rímac, Ñaña en el año 2020.* Lima : Universidad Peruana Unión .
- Mohammed, J. (2014). *Soil & Soil Mechanics Textbook*. Kurdistan Region – Iraq: University of Duhok.
- Mondragon Zurita, A. O. (2022). *Estimación de la capacidad portante de un suelo cohesivo a través del ensayo SPT, elementos finitos y métodos analíticos de Terzaghi y Meyerhof 2022*. Cajamarca: Universidad Privada Del Norte.
- Morales Morales, R. (2016). *Diseño en Concreto Armado*. Lima - Peru: Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG).
- Muir Wood, D. (2009). *Soil mechanics A ONE-DIMENSIONAL INTRODUCTION*. United States of America: Cambridge University Press.
- Ore Aquino, A. B. (2019). *Zonificación de la capacidad portante del suelo de la localidad de Villa Autónoma del distrito de la Banda de Shilcayo – provincia de San Martín – región San Martín*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín.
- Ortega Garcia, J. E. (2016). *Diseño de estructuras de Concreto Armado - Tomo II*. Lima - Peru: Macro.
- Ortega Rodríguez, M. A. (2017). *Cambios en las propiedades dinámicas del suelo observados en registros de aceleración de pozo*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma De Mexico.
- Ortiz Quispe, R. W. (2017). *Influencia del nivel freático en la determinación de capacidad portante de suelos, en cimentaciones superficiales, distrito de Pilcomayo en 2017*. Huancayo : Universidad Nacional Del Centro .
- Palomino Terán, K. E. (2016). *Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador maxxseal 100*. Cajamarca: Universidad Privada Del Norte .
- Pujante Saura, E. (2017). *Estudio de soluciones para la cimentación de un edificio de viviendas de uso residencial en Quito (Ecuador)*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Rocha Sandoval, C. A. (2010). *Zonificación de la capacidad portante del suelo del distrito de Morales*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín.
- Rodriguez Serquen, W. (2018). *Ingeniería Geotécnica Suelos y Cimentaciones*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Rosales Paredes, L. M. (2017). *Determinación de la capacidad portante de los suelos para establecer la zonificación en la localidad de Juan Guerra - 2017*. Tarapoto: Universidad Cesar Vallejo.
- Sánchez Ruiz, W. (2019). *Zonificación de la Capacidad Portante del Suelo para construcción de Edificaciones en la Localidad de San Francisco del Río Mayo, Distrito de Cuñumbuque, Provincia de Lamas, Departamento de San Martín*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín.
- Tocas Mena, R. (2016). *Manual de laboratorio de mecánica de suelos*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

- Ugarte Quispe , C. G. (2022). *Capacidad portante admisible del suelo para determinación dimensional de cimentaciones superficiales en la habilitación urbana Santa María, Puno 2022*. Lima : Universidad Cesar Vallejo.
- Vargas Quintero, G., & Dueñez Vargas, H. S. (2018). *comparación de parámetros de resistencia determinados por ensayos de laboratorio y campo en suelos de la formación sabana del occidente de Bogotá*. Bogota: Universidad Católica De Colombia .
- Vásquez Rojas, C. K. (2022). *Estudio de zonificación en base a la determinación de la capacidad portante de los suelos, para cimentaciones superficiales del caserío La Unión Banda de Shilcayo región San Martín 2020*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín.
- Verruijt, A. (2006). *SOIL MECHANICS*. Papendrecht: Delft University of Technology.
- Vigil Freyre, R. A. (2017). *Zonificación de la capacidad portante del suelo en el asentamiento humano satélite, distrito de la Banda de Shilcayo, provincia de San Martín. Región San Martín*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín.
- Yepes Piqueras, V. (2020). *Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención*. Madrid - España: Universitat Politècnica de València.

## ANEXOS

### Anexo 01

**Tabla 20**

*Matriz de consistencia*

| <b>Proyecto de tesis:</b> Capacidad portante de suelos y el comportamiento sísmico de edificaciones en el conjunto habitacional Los Sauces Banda de Shilcayo                |   |  |   |   |  |
|---|---|--|---|---|--|
| <b>Problema de investigación</b>  | <b>Objetivos</b>  | <b>Hipótesis</b>   | <b>Operacionalización</b>   |   | <b>Metodología</b>   |
|   |   |  | <b>Variable</b>   | <b>Indicadores</b>  |  |
| ¿Cómo influye la capacidad portante de los suelos en el comportamiento sísmico de las edificaciones del conjunto habitacional los Sauces, distrito de la Banda de Shilcayo? | <p><b>Objetivo general:</b> Determinar la capacidad portante de los suelos y el comportamiento sísmico de las edificaciones en el conjunto habitacional los sauces Banda de Shilcayo</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploración, georreferenciación y muestreo de suelos en el Conjunto Habitacional los Sauces Banda de Shilcayo.</li> <li>• Estudio de suelos.</li> <li>• Elaborar los perfiles estratigráficos de los suelos en estudio.</li> <li>• Determinación de la capacidad portante de los suelos.</li> <li>• Elaborar un mapa de zonificación de los suelos.</li> <li>• Simulación del comportamiento sísmico de las edificaciones, usando el software SAP 2000.</li> </ul> | La capacidad portante de los suelos influye significativamente en el comportamiento sísmico de las edificaciones en los sauces, banda de Shilcayo. | <p><b>Variable independiente</b><br/>X: Capacidad portante del suelo</p> <p><b>Variable dependiente</b><br/>Y: Comportamiento sísmico</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenido de humedad.</li> <li>• Análisis Granulométrico.</li> <li>• Límite Líquido</li> <li>• Límite plástico</li> <li>• Compresión Triaxial</li> <li>• Análisis sísmico estático</li> </ul> <p>Análisis sísmico dinámico</p> | <p><b>Tipo de investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación Aplicada</li> </ul> <p><b>Nivel de investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descriptivo</li> </ul> <p><b>Diseño de investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No experimental</li> </ul> <p><b>Población:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conjunto Habitacional los Sauces del distrito de la Banda de Shilcayo, provincia San Martín, región San Martín.</li> </ul> <p><b>Muestra:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los suelos del Conjunto Habitacional los Sauces, distrito de la Banda de Shilcayo, provincia San Martín y región San Martín</li> </ul> |

Fuente: propia del estudio, (2023)

## Anexo 02

### Declaratoria de autenticidad

Segundo Hidalgo Saldaña, con DNI N° 73472899, egresado de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto y Edwin Alberto Delgado Navarro, con DNI N° 75402662, egresado de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, autores de la tesis titulada: **Capacidad portante de suelos y el comportamiento sísmico de edificaciones en el conjunto habitacional los sauces Banda de Shilcayo.**

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 25 de abril de 2024



Segundo Hidalgo Saldaña

DNI N° 73472899



Edwin Alberto Delgado Navarro

DNI N° 75402662

## Anexo 03

### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR

Yo, Víctor Eduardo Samamé Zatta, Docente Asociado de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, identificado con DNI N° 01146907, Asesor del Proyecto de tesis titulado: **Capacidad portante de suelos y el comportamiento sísmico de edificaciones en el conjunto habitacional los sauces Banda de Shilcayo**, de los autores **Segundo Hidalgo Saldaña y Edwin Alberto Delgado Navarro**

Declaro bajo juramento que:

1. El proyecto de tesis presentado por los Bachilleres es de su propia autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda información que contiene el proyecto de tesis no ha sido plagiada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad ante cualquier posible falsedad, omisión u ocultamiento de información aportada en los documentos, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 25 de abril de 2024



---

**Ing° M.Sc. Víctor Eduardo Samamé Zatta**

DNI N° 01146907

## Anexo 04



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos  
 CIUDAD UNIVERSITARIA  
 Jr. Amorarca 3<sup>ra</sup> Cuesta Teléfono 042-52-1402  
 MORALES - PERU



### CONSTANCIA DE INGRESO Y EJECUCION DE ENSAYOS DE LABORATORIO

#### **EL QUE SUSCRIBE**

*Ing. M.Sc. Enrique Napoleón Martínez Quiroz, Jefe del laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos.*

#### **HACE CONSTAR:**

*Que los Bachilleres SEGUNDO HIDALGO SALDAÑA y EDWIN ALBERTO DELGADO NAVARRO han ingresado y han ejecutado ensayos de laboratorio las cuales son:*

*Contenido de Humedad Natural*

*Límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico)*

*Ensayo granulométrico por tamizado.*

*Ensayo Triaxial*

*Ensayos para poder concluir con su Tesis Titulado: "CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS Y EL COMPORTAMIENTO SISMICO DE EDIFICACIONES EN EL CONJUNTO HABITACIONAL LOS SAUCES BANDA DE SHILCAYO". Aprobado con resolución decanal N°251-2022-UNSM/FICA-CF-NLU.*

*Se expide el presente a solicitud de los interesados.*

*Tarapoto 21 de julio del 2,023*



*Ing. M.Sc. Enrique N. Martínez Quiroz  
 JEFE DEL LABORATORIO DE MEC. SUELOS Y PAV  
 ING. CIVIL - CIP N° 29202*



*Robert Navarro Mori  
 TEC. LAB. MEC. SUELOS GEOLÓGIA Y CONCRETO  
 ING. CIVIL : ESP. 0219  
 TEC. VERIFICO INGRESO Y ENSAYOS  
 REALIZADO POR TESISTAS*

Constancia Registrada N°001-2023

## Anexo 05

### Panel fotográfico



**Fotografía N° 01:** se observa a los bachilleres Segundo y Edwin, registrando el peso de la muestra de suelo.



**Fotografía N° 02:** Se observa al bachiller Segundo, lavando la muestra.



**Fotografía N° 03:** Se observa a los bachilleres recolectando la muestra de suelo y Tomando apuntes del peso retenido en cada uno de los tamices usados.



**Fotografía N° 04:** Se observa a los bachilleres colocando la muestra de suelo en los juegos de tamices, para su posterior zarandeo mecánico por unos minutos.



**Fotografía N° 05:** Se observa al bachiller colocando agua en la tara con un poco de muestra de suelo para empezar el ensayo de limite liquido y plástico.



**Fotografía N° 06:** Se observa a los bachilleres realizando el ensayo de limite liquido en la copa de Casagrande



**Fotografía N° 07:** Se observa a los bachilleres realizando el ensayo de limite plástico, hasta obtener la forma cónica de 3 mm



**Fotografía N° 08:** Se observa a los bachilleres realizando el ensayo de Carga Triaxial No Consolidado

## **Anexo 06**

### **Planos**

# Capacidad portante de suelos y el comportamiento sísmico de edificaciones en el conjunto habitacional Los Sauces Banda de Shilcayo

*por* Segundo Hidalgo Saldaña

---

**Fecha de entrega:** 13-may-2024 12:25p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2378447808

**Nombre del archivo:** TESIS\_FINAL\_13-05.docx (13.59M)

**Total de palabras:** 15331

**Total de caracteres:** 82409

## Capacidad portante de suelos y el comportamiento sísmico de edificaciones en el conjunto habitacional Los Sauces Banda de Shilcayo

### INFORME DE ORIGINALIDAD

|                     |                     |               |                         |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| <b>25%</b>          | <b>25%</b>          | <b>5%</b>     | <b>12%</b>              |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

### FUENTES PRIMARIAS

|          |  |               |
|----------|--|---------------|
| <b>1</b> | <b>tesis.unsm.edu.pe</b><br>Fuente de Internet                                   | <b>8%</b>     |
| <b>2</b> | <b>hdl.handle.net</b><br>Fuente de Internet                                      | <b>5%</b>     |
| <b>3</b> | <b>repositorio.ucv.edu.pe</b><br>Fuente de Internet                              | <b>1%</b>     |
| <b>4</b> | <b>repositorio.unp.edu.pe</b><br>Fuente de Internet                              | <b>1%</b>     |
| <b>5</b> | <b>repositorio.unsm.edu.pe</b><br>Fuente de Internet                             | <b>1%</b>     |
| <b>6</b> | <b>Submitted to Universidad Nacional de San Martín</b><br>Trabajo del estudiante | <b>1%</b>     |
| <b>7</b> | <b>repositorio.unap.edu.pe</b><br>Fuente de Internet                             | <b>&lt;1%</b> |
| <b>8</b> | <b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b><br>Trabajo del estudiante          | <b>&lt;1%</b> |