



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE SUELOS ARCILLOSOS PARA DISEÑAR CIMENTACIONES
UTILIZANDO VIGAS DE CIMENTACIÓN - CONECTADAS EN EL DISTRITO DE
VILLA RICA – PASCO – 2024

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Salcedo Quispe, Erick Hugo

Asesor:

Romero Ríos, David

ORCID: 0000-0003-3172-9024

Jurado:

García Urrutia Olavarría, Roque Jesús Leonardo

Bedia Guillen, Sergio Ciro

Torres Matos, Amparo Paulina

Lima - Perú

2025



ANÁLISIS DE SUELOS ARCILLOSOS PARA DISEÑAR CIMENTACIONES UTILIZANDO VIGAS DE CIMENTACIÓN - CONECTADAS EN EL DISTRITO DE VILLA RICA – PASCO – 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	16%	2%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
8	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	<1%
10	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1%
11	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ANÁLISIS DE SUELOS ARCILLOSOS PARA DISEÑAR CIMENTACIONES
UTILIZANDO VIGAS DE CIMENTACIÓN - CONECTADAS EN EL DISTRITO DE
VILLA RICA – PASCO – 2024

Línea de Investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autor

Salcedo Quispe, Erick Hugo

Asesor

Romero Ríos, David

ORCID: 0000-0003-3172-9024

Jurado:

García Urrutia Olavarría, Roque Jesús Leonardo

Bedia Guillen, Sergio Ciro

Torres Matos, Amparo Paulina

Lima – Perú

2025

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico sobre todo a Dios, por darme la vida y permitirme llegar a esta etapa de formación-profesional.

A mi madre y hermano que siempre han velado por mi felicidad y educación, tanto en inspiración como en fuerza para cada día despertarme con ganas de alcanzar el éxito y luchar por cada uno de mis metas, sueños y anhelos.

A mi madrina, que me apoya de manera incondicional en todo momento, y ha confiado plenamente en mí en todo.

Agradecimientos

Quisiera expresar mi agradecimiento a mi casa de estudios, la Facultad de Ingeniería Civil de la UNFV, por permitirme aprender esta hermosa profesión, la puerta que me abrió a uno de mis grandes sueños, así como a mis profesores, quienes brindaron enseñanzas y experiencias, me brindaron conocimientos. y apoyo en mi crecimiento profesional.

ÍNDICE

Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
I. INTRODUCCION.....	14
1.1 Descripción y formulación del problema	16
1.2 Antecedentes.....	25
1.3 Objetivos	34
- <i>Objetivo General</i>	34
- <i>Objetivos Específicos</i>	34
1.4 Justificación	34
1.5 Hipótesis	36
- <i>Hipótesis General</i>	36
- <i>Hipótesis Específicas</i>	36
II. MARCO TEORICO	37
2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación	37
III. METODO.....	57
3.1 Tipos de investigación.....	57
3.2 Ámbito temporal y espacial.....	57
3.3 Variables	59
3.4 Población y muestra	60
3.5 Instrumentos	60

3.6	Procedimientos	63
3.7	Análisis de datos	65
3.8.	Consideraciones éticas	88
IV.	RESULTADOS	90
4.1	Tema de investigación propuesta	90
4.2	Localización del proyecto	90
4.3	Trabajo de obtención de datos	91
4.4	Toma de muestra para el método de corte Directo	95
4.5	Ensayo de corte Directo	99
4.6	Consideraciones para el Diseño de la Vivienda N° 01	100
4.7	Cálculos con los datos obtenidos en campo y laboratorio.	102
4.8	Memoria de cálculo estructural de la Vivienda N° 01 (05 pisos)	105
4.9	Memoria de cálculo estructural de la Vivienda N° 02 (05 pisos)	130
V.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	181
VI.	CONCLUSIONES	183
VII.	RECOMENDACIONES	185
VIII.	REFERENCIAS	186
IX.	ANEXOS	189

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Distrito de Villa Rica, provincia de Oxapampa, - Pasco</i>	23
Figura 2 <i>Plano de localización para la Vivienda 01 y 02</i>	23
Figura 3 <i>Suelos Arcillosos</i>	41
Figura 4 <i>Viga de Cimentación</i>	43
Figura 5 <i>Viga de cimentación rectangular y T invertida</i>	43
Figura 6 <i>Momento inducido en un extremo de la viga de cimentación</i>	50
Figura 7 <i>Momentos y cargas axial resultantes del análisis estructural</i>	51
Figura 8 <i>Vigas para arriostamiento en edificios construidos en laderas.</i>	54
Figura 9 <i>Diagrama de flujo de tesis</i>	63
Figura 10 <i>Distrito de Villa Rica</i>	64
Figura 11 <i>Dispositivo de Corte</i>	68
Figura 12 <i>Caja de Corte</i>	69
Figura 13 <i>Piedra Porosa</i>	69
Figura 14 <i>Dispositivo para medir fuerza de corte</i>	70
Figura15 <i>Base de la caja de corte</i>	71
Figura16 <i>Anillo de corte o de tallado</i>	71
Figura 17 <i>Balanza</i>	72
Figura18 <i>Compactador mecánico automático</i>	72
Figura19 <i>Equipos misceláneos</i>	73
Figura 20 <i>Esquema original de rotura de Prandtl (1920)</i>	78
Figura 21 <i>Superficies de rotura por hundimiento bajo una carga</i>	79
Figura 22 <i>Esquema del modelo de rotura de Terzaghi (Fuente: Das, 2016)</i>	80
Figura 23 <i>Efectos de la sobrecarga.</i>	88
Figura 24 <i>Mapa de localización del distrito de Villa Rica</i>	90
Figura 25 <i>Plano del distrito de Villa Rica</i>	91
Figura 26 <i>Excavación de calicatas</i>	95
Figura 27 <i>Calicata N^a 01</i>	96
Figura 28 <i>Calicata N^a 02</i>	96
Figura 29 <i>Calicata N^a 03</i>	97
Figura 30 <i>Excavación, profundidad de las calicatas en el distrito de Villa Rica</i>	97
Figura 31 <i>Ensayo de corte Directo</i>	100
Figura 32 <i>Ensayo de Corte Directo</i>	100

Figura 33 <i>Plano de la vivienda N° 01</i>	105
Figura 34 <i>Modelado en el ETABS de la vivienda N° 01</i>	105
Figura 35 <i>Peso de la Estructura</i>	114
Figura 36 <i>Diafragma rígidos</i>	115
Figura 37 <i>Valores para condiciones del eje X-X</i>	118
Figura 38 <i>Valores para condiciones del eje Y-Y</i>	118
Figura 39 <i>Espectro de pseudo aceleraciones X-X e Y-Y</i>	119
Figura 40 <i>Espectro de pseudo aceleraciones Y-Y</i>	119
Figura 41 <i>Derivas por Sismo Dinámico</i>	122
Figura 42 <i>Derivas por Sismo Estático</i>	122
Figura 43 <i>Cargas que soportan la Vigueta</i>	123
Figura 44 <i>Envolvente de Viga del eje B-B del tramo 1-2 del primer nivel.</i>	124
Figura 45 <i>Vigas Estructurales.</i>	124
Figura 46 <i>Hoja de Cálculo de Etabs de viga(25x40)</i>	125
Figura 47 <i>Cálculos de Etabs de la viga</i>	126
Figura 48 <i>Cálculos de las columnas estructurales</i>	127
Figura 49 <i>Cálculos de las columnas estructurales</i>	127
Figura 50 <i>Carga de Diseño.</i>	127
Figura 51 <i>Diafragma de Interacción de columna</i>	128
Figura 52 <i>Plano de Vivienda N° 02</i>	130
Figura 53 <i>Memoria de cálculo estructural de la Vivienda N° 02 (05 pisos)</i>	131
Figura 54 <i>Modelo Etabs</i>	138
Figura 55 <i>Diafragma Rígido</i>	139
Figura 56 <i>Valores para condiciones del eje X-X</i>	141
Figura 57 <i>Valores para condiciones del eje Y-Y</i>	141
Figura 58 <i>Espectro de pseudo aceleraciones X-X</i>	142
Figura 59 <i>Espectro de pseudo aceleraciones Y-Y</i>	142
Figura 60 <i>Derivas por sismo dinámico</i>	144
Figura 61 <i>Derivas por sismo estático</i>	145
Figura 62 <i>Cargas que soporta la vigueta</i>	145
Figura 63 <i>Envolvente de Viga del eje 2-2 del tramo A-B del primer Nivel.</i>	146
Figura 64 <i>Viga peraltada</i>	147
Figura 65 <i>Hoja de cálculo de Etabs de viga (30x65)</i>	147
Figura 66 <i>Diseño de columnas</i>	148

Figura 67 <i>Diagrama de Interacción de columna</i>	150
Figura 68 <i>Modelo para diseño de zapatas</i>	156
Figura 69 <i>Diagrama de Interacción de columna.</i>	165
Figura 70 <i>Plano de Viga de cimentación</i>	166
Figura 71 <i>Modelo para diseño de zapatas</i>	170
Figura 72 <i>Diagrama de Interacción de columna.</i>	179
Figura 73 <i>Plano de Viga de cimentación</i>	180

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Operacionalización de variables</i>	59
Tabla 2 <i>Método Rankine- Empuje de tierras.</i>	87
Tabla 3 <i>Método altura equivalente</i>	88
Tabla 4 <i>Cargas vivas</i>	101
Tabla 5 <i>Factores de zona</i>	102
Tabla 6 <i>Cálculo de esfuerzo de Boussines q.</i>	103
Tabla 7 <i>Cálculo de la capacidad portante</i>	103
Tabla 8 <i>Parámetros del Suelo</i>	104
Tabla 9 <i>Puntos de partida para las calicatas en estudio</i>	111
Tabla 10 <i>Criterios para predimensionamiento.</i>	111
Tabla 11 <i>Áreas calculadas</i>	111
Tabla 12 <i>Verificación de las Dimensiones</i>	112
Tabla 13 <i>Cargas en losas.</i>	113
Tabla 14 <i>Cargas en escaleras</i>	113
Tabla 15 <i>Valores para condiciones del eje X-X</i>	121
Tabla 16 <i>Valores para condiciones del eje Y-Y</i>	121
Tabla 17 <i>Refuerzo de acero requerido para viguetas para tramos de 2 luces.</i>	123
Tabla 18 <i>Diseño de Estribo</i>	128
Tabla 19 <i>Predimensionamiento de columnas</i>	135
Tabla 20 <i>Criterio para Predimensionamiento</i>	135
Tabla 21 <i>Áreas calculadas</i>	136
Tabla 22 <i>Verificación de las Dimensiones</i>	136
Tabla 23 <i>Cargas en losas</i>	137
Tabla 24 <i>Cargas en escaleras</i>	137
Tabla 25 <i>Valores para condiciones del eje X-X</i>	143
Tabla 26 <i>Valores para condiciones del eje Y-Y</i>	143
Tabla 27 <i>Diseño de columnas</i>	149
Tabla 28 <i>Carga de Diseño</i>	150
Tabla 29 <i>Diseño de Estribos</i>	151
Tabla 30 <i>Calculamos el espaciamiento mínimo.</i>	152
Tabla 31 <i>Datos para diseño.</i>	153
Tabla 32 <i>Datos de terreno</i>	153

Tabla 33 <i>Fuerzas y Momentos</i>	159
Tabla 34 <i>Fuerza cortante y Momento Flector</i>	159
Tabla 35 <i>Fuerzas cortante y Momento Flector de la zapata interior</i>	160
Tabla 36 <i>Fuerzas cortantes y Momento Flector de la viga de cimentación</i>	160
Tabla 37 <i>Datos para diseño</i>	167
Tabla 38 <i>Datos de terreno</i>	167
Tabla 39 <i>Fuerzas y Momentos</i>	173
Tabla 40 <i>Fuerza cortante y Momento Flector</i>	173
Tabla 41 <i>Fuerzas cortante y Momento Flector de la zapata interior</i>	174
Tabla 42 <i>Fuerzas cortantes y Momento Flector de la viga de cimentación</i>	174
Tabla 43 <i>Matriz de Consistencia</i>	215

Resumen

Objetivo: Determinar el análisis de suelos arcillosos para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024. **Método:** La investigación es de tipo aplicada, nivel explicativo y diseño cuasiexperimental. La población está acordada por el distrito de Villa Rica, en el Jr. Westreicher N° 180-200, que consta del estudio de 2 viviendas unifamiliares para el diseño de 4-5 niveles. **Resultados:** El análisis de suelos arcillosos influye significativamente para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024, consideramos que sí, ya que, al diseñar vigas de cimentación conectadas, las distribuciones de las cargas en las vigas se diseñan para soportar tanto cargas axiales como momentos flectores derivados de asentamientos diferenciales, además debido a posibles expansiones del suelo, las vigas deben situarse por debajo de la capa activa (profundidad de cambios estacionales de humedad). **Conclusiones:** Para los cálculos realizados analizamos, que es mejor en el diseño con vigas conectadas que en cimentación, al hacer la comparativa, este contribuye a mejorar la distribución de las cargas de manera uniforme, así como contrarrestar la excentricidad y ayuda a evitar los efectos negativos de la expansión o contracción del suelo arcilloso, el análisis de suelos arcillosos es un factor decisivo para garantizar la estabilidad, durabilidad y seguridad de las estructuras que se construyan en Villa Rica, minimizando los riesgos asociados a este tipo de terreno.

Palabras clave: Suelos Arcillosos, Vigas de cimentación, Vigas conectadas.

Abstract

Objective: Determine the analysis of clay soils to design foundations using foundation beams - connected in the district of Villa Rica Pasco 2024. **Method:** The research is of applied type, explanatory level and quasi-experimental design, the population and therefore, the population is agreed by the district of Villa Rica, in Jr. Westreicher No. 180-200, which consists of the study of 2 single-family homes for the design of 4-5 levels. **Results:** The analysis of clay soils significantly influences the design of foundations using foundation beams - connected in the district of Villa Rica Pasco 2024, we consider so, since, when designing connected foundation beams, the distributions of the loads in the beams are They are designed to support both axial loads and bending moments derived from differential settlements. Furthermore, due to possible expansion of the soil, the beams must be located below the active layer (depth of seasonal humidity changes). **Conclusions:** For the calculations carried out, we analyzed what is better in the design with connected beams than in the foundation. When making the comparison, this contributes to improving the distribution of loads uniformly, as well as counteracting eccentricity and helps to avoid the negative effects of the expansion or contraction of clay soil, the analysis of clay soils is a decisive factor to guarantee the stability, durability and safety of the structures built in Villa Rica, minimizing the risks associated with this type of terrain.

Keywords: Clay soils, Foundation beams, Connected beams.

I. INTRODUCCION

Durante mucho tiempo, el problema de la construcción ha sido objeto de constante observación y cuestionamiento, teniendo en cuenta la estabilidad y durabilidad de la estructura. Por tanto, la atención se centra en materiales que evolucionan con el tiempo. Al principio trabajamos con los materiales básicos a los que teníamos acceso en ese momento. Con el tiempo se fueron agregando nuevos materiales como el ladrillo, la madera, la piedra caliza y el mármol, que se pueden encontrar en grandes estructuras como: Coliseo, ciudades y edificios simbólicos de esa época. En las últimas décadas, esta práctica se ha desarrollado a pasos agigantados, con proyectos de construcción que satisfacen las necesidades y requisitos modernos; De hecho, la ingeniería civil es parte de esta evolución, por lo que debe buscar constantemente nuevas tecnologías y materiales para asegurar no sólo una construcción de vanguardia sino también la sostenibilidad en el tiempo. Entre estos logros, se destaca la introducción de nuevos materiales en la construcción, como el acero, que comenzó a ser utilizado para reforzar el hormigón. Esta innovación permitió mejorar significativamente la resistencia y durabilidad de las estructuras, combinando las ventajas de ambos materiales: la compresión del hormigón y la tracción del acero. “El uso de acero armado en el concreto transformó el diseño estructural, permitiendo la creación de edificaciones más seguras, eficientes y con mayor capacidad para resistir cargas y esfuerzos sísmicos”. Según (Almerich, et al. 2010).

Los constantes avances en la tecnología aplicada a los materiales de construcción han proporcionado a los ingenieros civiles herramientas innovadoras para alcanzar mejoras significativas en términos de seguridad, eficiencia económica y funcionalidad. Estas innovaciones han facilitado el diseño y la construcción de estructuras que no solo satisfacen las crecientes demandas de la sociedad, sino que también juegan un papel crucial en la mejora de la calidad de vida de las comunidades. Al integrar nuevas tecnologías y materiales, como el acero reforzando el hormigón, se han logrado edificaciones más seguras, eficientes y

sostenibles. Además, estas innovaciones contribuyen al desarrollo sostenible, permitiendo que las infraestructuras se adapten a los desafíos del futuro, como el crecimiento urbano, las necesidades ambientales y las condiciones sísmicas, asegurando un entorno construido más resiliente y accesible para las generaciones venideras.

Desde esta perspectiva realista, que prioriza la seguridad, la economía y la funcionalidad de las estructuras, surge la necesidad de reevaluar el uso del acero. Esto abre paso a la propuesta de incorporar materiales más avanzados cuya composición pueda no solo satisfacer las necesidades actuales, sino también ofrecer mayor rentabilidad y eficiencia. Una de las principales limitaciones del acero es su susceptibilidad a la corrosión, una reacción química perjudicial que compromete su durabilidad y desempeño a largo plazo. En este contexto, la investigación y el desarrollo de materiales alternativos, como compuestos avanzados o aleaciones con mayor resistencia a la oxidación, se presentan como una solución viable para superar este desafío. Una de las causas del problema es la diferencia entre vigas de cimentación y vigas conectadas, pero tienen características específicas y diferencias como el tamaño, las vigas de cimentación tienen secciones mayores, lo que significa que tienen gran rigidez para resistir los momentos generados por las columnas. Por lo tanto, al referirse a la viga conectada podemos decir que las dimensiones son más pequeñas, no absorben esfuerzos transmitidos de las columnas a las zapatas, se usa generalmente en edificaciones con pocos pisos. En términos generales, una viga de cimentación es una estructura de hormigón armado diseñada para conectar diferentes cimientos de una edificación. Dependiendo de su tipo y diseño, esta viga puede estar destinada a soportar cargas de momento, ayudando a distribuir de manera uniforme las fuerzas aplicadas en la estructura. Su función principal es proporcionar estabilidad y soporte, transfiriendo las cargas de la superestructura a los cimientos de manera eficiente, lo que garantiza la integridad estructural de la edificación frente a cargas verticales y

horizontales. Para estructuras que soportan cargas de diseño, tendremos el tamaño del refuerzo, es decir, el refuerzo de columnas, vigas y cimentaciones que proporcionarán estabilidad a la estructura, sin embargo, si el terreno tiene poca capacidad portante y si hay mala distribución de fuerzas. En los cimientos perimetrales y de esquina, con el paso de los años estos cimientos se irán inclinando y combando, buscando grietas en la estructura, por lo que, para evitar vuelcos y hundimientos, es necesario conectar los cimientos, a un lugar donde se utiliza la técnica del término “viga Conectada” de forma que se estabilizaría el perímetro de la cimentación con zapatas, recuerda que estas vigas no absorben la fuerza que desprenden las columnas en la zapata. Para edificios de varios pisos, la carga transmitida a los cimientos es mayor que en el primer caso, más la carga sísmica, existe una alta posibilidad de que los cimientos sean inestables debido al vuelco y asentamiento, el impacto será claramente visible en el perímetro, provocando que la estructura se agriete prematuramente en el peor de los casos de colapso.

1.1 Descripción y formulación del problema

1.1.1 Descripción del problema

Cuando se emprende la construcción de cualquier edificación, el paso inicial y fundamental es establecer una cimentación sólida y confiable. Esta fase es crucial, ya que la cimentación tiene como objetivo esencial transmitir y distribuir de manera segura las cargas que la estructura genera hacia el terreno subyacente. De esta forma, se asegura que el peso de la edificación sea sostenido sin riesgos de fallos estructurales. El diseño de la cimentación está intrínsecamente ligado a diversos factores, que incluyen tanto las características específicas de la construcción como las propiedades particulares del terreno donde se edificará. En el caso de la estructura, aspectos como el tamaño, la forma, el peso total y el propósito de la edificación influyen de manera directa en la elección del sistema de cimentación más adecuado. Por otro lado, el terreno presenta su propia serie de variables

determinantes, entre las que destacan su capacidad portante, su composición geológica, el tipo de material que lo conforma y su comportamiento frente a diferentes tipos de carga. Cada terreno representa un desafío único debido a las diferencias en su resistencia, compactación y estabilidad. Por ello, es imprescindible realizar estudios geotécnicos exhaustivos que permitan evaluar y comprender estas características. Estos estudios no solo ayudan a determinar si el terreno puede soportar las cargas previstas, sino que también orientan en la selección entre distintos tipos de cimentaciones, como zapatas, losas, pilotes o cimentaciones profundas. Además, un diseño de cimentación bien planificado contribuye a minimizar los riesgos asociados con asentamientos diferenciales, deslizamientos o inestabilidad estructural, lo que a su vez garantiza una mayor durabilidad de la edificación a lo largo del tiempo. Así, considerar tanto las necesidades estructurales de la construcción como las particularidades del terreno asegura no solo la seguridad, sino también la funcionalidad y sostenibilidad del proyecto en su conjunto. En conclusión, la cimentación es más que un simple inicio en el proceso constructivo; es la base que sostiene y da vida a la edificación, uniendo de manera armoniosa la estructura y el terreno en una interacción cuidadosamente calculada.

Si no se toman las precauciones del caso al momento del diseño de la cimentación; es decir, esta resulta ser inadecuada para el tipo de terreno en el cual se cimentará, también puede ser que esta cimentación se encuentre mal calculada. Estos problemas en cimentación pueden provocar que la edificación, como las estructuras adyacentes a esta, sufran asentamientos diferenciales; esto produciría grietas en la fachada y paredes, lo que conllevaría hasta incluso con el colapso del edificio.

Uno de los suelos en los cuales se debe tener más cuidado para la cimentación es en los suelos blandos o en los que tienen presencia de abundante arcilla, los cuales suelen llamarse suelos arcillosos. En este tipo pueden producirse asentamientos considerables

durante un largo tiempo, y producir en muchos casos el colapso de la estructura, muy por el contrario, a los suelos arenosos, que en estos los asentamientos se producen casi en su totalidad durante el tiempo de construcción.

Cimentar en suelos arcillosos si es posible, pero siempre cuidando las dimensiones de la cimentación, ya que estas serán necesarias para que la carga producida por la estructura sea repartida uniformemente en el terreno, acá nos enfocaremos principalmente en los tipos de cimentación que pueden utilizarse en los suelos arcillosos.

La interacción suelo-estructura constituye un principio fundamental en el campo de la ingeniería geotécnica, el cual se enfoca en el estudio detallado del comportamiento dinámico y estático de la interfaz entre las cimentaciones de las edificaciones y el terreno que las sustenta. Este análisis minucioso busca desentrañar cómo las cargas generadas por la estructura son transmitidas al suelo subyacente, así como entender de qué manera las propiedades intrínsecas del terreno influyen en el desempeño general y la estabilidad de la construcción.

Uno de los principales objetivos de este estudio es evaluar la transferencia de cargas desde la edificación hacia el terreno y, a su vez, analizar la respuesta del suelo ante estas fuerzas. Factores como la rigidez del terreno, que determina su capacidad para deformarse bajo carga, la permeabilidad, que afecta el movimiento del agua a través de sus poros, y la capacidad portante, que define la resistencia máxima del suelo frente a las cargas aplicadas, desempeñan un rol crucial en esta interacción.

El análisis de la interacción suelo-estructura no solo considera las características estáticas del terreno, sino también cómo responde a variaciones de carga a lo largo del tiempo, como aquellas provocadas por cambios en las condiciones climáticas, fluctuaciones del nivel freático o la actividad sísmica. Esta interacción dinámica es especialmente relevante en zonas de alta actividad tectónica o terrenos heterogéneos,

donde los riesgos asociados a asentamientos diferenciales, licuefacción del suelo o deformaciones excesivas son más pronunciados. Además, entender a profundidad la interacción suelo-estructura permite no solo optimizar, sino también personalizar el diseño de las cimentaciones, asegurando que estas se adapten perfectamente a las características particulares del terreno donde se edificará. Este enfoque no solo refuerza la seguridad y la estabilidad de la construcción, sino que también contribuye a una mayor eficiencia en términos de costos y recursos.

Por ejemplo, en terrenos blandos o con una baja capacidad portante, es común que el suelo no pueda soportar directamente las cargas de la estructura sin experimentar deformaciones significativas o incluso fallos. En estos casos, se hace necesario implementar soluciones avanzadas como pilotes o cimentaciones profundas. Los pilotes, que pueden ser de concreto, acero o madera, se hincan o perforan hasta alcanzar capas de suelo más firmes y estables en profundidad, donde pueden transferir de manera segura las cargas de la edificación. Estas cimentaciones profundas no solo proporcionan soporte adicional, sino que también distribuyen las cargas de forma más uniforme, reduciendo los riesgos de asentamientos diferenciales.

Otro enfoque en terrenos blandos es el uso de sistemas de cimentación combinados, como losas flotantes reforzadas o cimentaciones compensadas, que equilibran las cargas de la estructura con el empuje del terreno para minimizar los desplazamientos. En algunos casos, también se pueden implementar técnicas de mejora del terreno, como el uso de geotextiles, compactación dinámica o inyección de materiales estabilizantes, con el fin de aumentar la resistencia y capacidad portante del suelo antes de construir. Por el contrario, en terrenos con buena capacidad portante y estabilidad inherente, es posible optar por cimentaciones superficiales, como zapatas aisladas, zapatas corridas o losas de cimentación, que ofrecen soluciones más sencillas y económicas sin comprometer la

seguridad estructural. En estos casos, el diseño puede enfocarse en optimizar el tamaño, la forma y la disposición de las cimentaciones para maximizar la eficiencia y reducir costos. En resumen, la capacidad de adaptar las cimentaciones a las condiciones del terreno no solo es una cuestión técnica, sino también un desafío estratégico en la ingeniería geotécnica. Un diseño adecuado no solo mitiga riesgos estructurales, sino que también asegura la sostenibilidad, funcionalidad y viabilidad del proyecto a largo plazo. Este nivel de personalización es clave para que la edificación y el terreno trabajen juntos de manera armónica, enfrentando con éxito las demandas y desafíos de su entorno. En cambio, en suelos más rígidos y homogéneos, las cimentaciones superficiales, como zapatas o losas, pueden ser suficientes. En conclusión, el estudio de la interacción suelo-estructura es esencial para garantizar que la edificación no solo sea segura y estable, sino también eficiente desde el punto de vista estructural y económico. Este enfoque integrado permite diseñar edificaciones que trabajen en armonía con el terreno, minimizando riesgos y maximizando la durabilidad y el desempeño a lo largo del tiempo. Así, la interacción entre la estructura y el suelo no es un simple detalle técnico, sino un factor decisivo en el éxito de cualquier proyecto de construcción. Un adecuado análisis de la interacción suelo-estructura permite diseñar cimentaciones más eficientes y seguras, adaptadas a las condiciones específicas del terreno, lo que mejora la estabilidad y durabilidad de la construcción a largo plazo. Este análisis no solo considera cómo las cargas generadas por la estructura afectan las propiedades y el comportamiento del suelo, sino también cómo las características del terreno, como su capacidad portante, rigidez y asentamiento, influyen en el desempeño estructural. Comprender esta interacción es esencial para garantizar la estabilidad, seguridad y durabilidad de cualquier construcción, especialmente en zonas con suelos heterogéneos o en áreas propensas a movimientos sísmicos. Este estudio es fundamental para entender cómo las cargas transmitidas por la estructura

impactan al suelo y cómo las propiedades del terreno, como su capacidad de deformación y resistencia, afectan el desempeño de la cimentación. A través de este análisis, se busca garantizar la estabilidad y seguridad del sistema estructural en su totalidad, asegurando que tanto la edificación como el terreno puedan interactuar de manera eficiente sin comprometer su integridad. El objetivo principal de este estudio es identificar la forma de deformación y los componentes mecánicos involucrados en las estructuras de cimientos y los suelos, evaluando cómo responden a impactos, cargas gravitacionales y fuerzas aleatorias, lo que permite optimizar el diseño de las cimentaciones para que puedan soportar de manera segura las cargas a las que serán sometidas a lo largo de su vida útil. La interacción entre suelo y estructura incluye encontrar un sistema de fuerzas que actúe simultáneamente sobre la estructura y la masa del suelo, creando el mismo desplazamiento diferencial entre los dos elementos y debe respetar las condiciones de equilibrio y ecuación básica continua Melchor et al.,(2017) Por lo tanto, resulta indispensable comprender el análisis y el comportamiento de las vigas, así como de otros elementos estructurales que integran la cimentación de una edificación. En este sentido, este apartado se centrará en detallar las generalidades y funciones de las vigas de cimentación, explicando sus aplicaciones prácticas en el diseño estructural. Además, se abordará el análisis y diseño de estas vigas, destacando su importancia en la distribución de cargas y en la estabilidad general de las construcciones.

Actualmente más de la mitad de las casas construidas en nuestro país son construidas por personas que no pueden utilizar el sistema constructivo, el 95% de construcciones en desarrollo urbano en el Perú son construidas informalmente y el 80% de las viviendas son autoconstruidas sin asesoramiento, advierte la Asociación de Promotores Inmobiliarios dicen que el hecho de que ocho de cada 10 viviendas en el país sean de construcción propia significa que muchas de ellas son vulnerables a desastres naturales.

La falta de planificación territorial muestra cómo se permiten construcciones en zonas de riesgo, así como la falta de implementación de drenaje fluvial, provocando miles de víctimas y pérdidas económicas. La federación advierte que esta situación es producto de una mala gestión por parte de las autoridades que han optado por apoyar la formalización de la expansión informal de tierras a gran escala o la monopolización por parte de comerciantes de tierras.

“Las autoridades deben promover mercados formales para el desarrollo urbano y la vivienda. De esta manera podremos lograr que las familias no tengan que enfrentar los peligros de vivir en zonas peligrosas, que están expuestas a eventos como el que vivimos actualmente” comentó Amico, (2023), presidente de ADI Perú, Los proyectos de vivienda han sido razonablemente apuntados por los gobiernos recientes

"Lo que podemos ver es que los programas de apoyo a la vivienda son tratados como un gasto, cuando deberían ser considerados una inversión fundamental. El Tesoro Público recuperó 2,8 veces el monto invertido en el programa subsidiado Mi Vivienda y además brindó espacios de calidad a millones de peruanos", dijeron más.

Partiendo de la ciudad de Lima, capital del Perú, tomar la carretera central en dirección E, vía Evitamiento (Carretera Norteamericana 1N), incorporarse a la carretera central (carretera PE-22) en dirección a Aticono abierta (Ticlio Km 137), a partir del cual comienza un respiro moderado a lo largo de la parte oriental de la cordillera lo lleva a la capital metalúrgica del Perú, La Oroya (km 180); Carretera PE-3N (izquierda) hasta el distrito de Las Vegas (km 202), Carretera 22B (derecha) que conduce a Tarma (km 234). Desde allí se comienza a reducir la velocidad para superar un desnivel de más de 2800 grados hasta llegar a la localidad de La Merced (km 309), en la provincia de Chanchamayo. Desde allí comienza la carretera Fernando Belaúnde Terry, antigua Marginal de la Selva. Seguimos así hasta que existe una distribución de PE-5N antes de cruzar el puente de

Raither (Km 321), rumbo al Jr. Westreicher N°180-200, entre las Av. Capitán Soto 1300 y Av. 28 de julio.

Figura 1

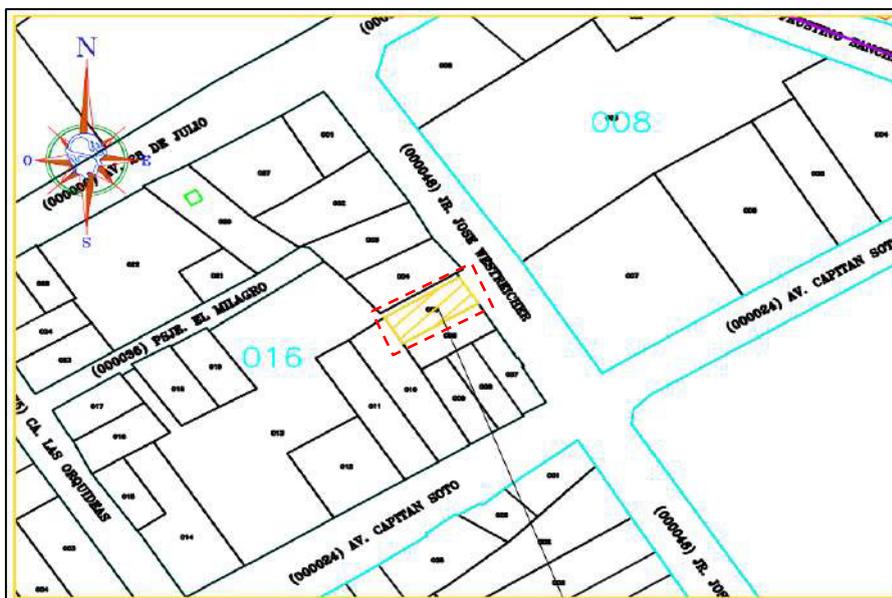
Distrito de Villa Rica, provincia de Oxapampa - Pasco



Nota: Jr. Westreicher N°180-200, entre las Av. Capitan Soto 1300 y Av. 28 de julio. (Villa Rica, s.f.)

Figura 2

Plano de localización para la Vivienda 01 y 02



Nota: Urbanización santa Apolonia sin vía aledaña al Jiron Antonio Richle Sector 04 Mz 016
lote 05 Vivienda 01.



Nota: Urbanización santa Apolonia sin vía aledaña al Jirón Antonio Richle Sector 04 Mz. 008
lote 02- Vivienda 02

Según Mendoza (2022), La rigidez de las vigas de cimentación juega un papel crucial en el control de los asentamientos diferenciales, ya que asegura la estabilidad y funcionalidad de las estructuras. Por lo general, el tamaño máximo de la sección de estas vigas es establecido por las normativas técnicas de construcción, las cuales consideran factores como la magnitud de las cargas que soportan y las características del suelo. A partir de estos parámetros, se calcula el tamaño óptimo de la viga para garantizar un soporte eficiente y seguro.

Es fundamental evaluar tanto la capacidad de carga como la estabilidad del terreno al diseñar las vigas de cimentación, ya que un diseño inadecuado podría comprometer el desempeño estructural. Según lo estipulado en la norma E.020, no se permite la transferencia de cargas entre una zapata y otra, lo que refuerza la importancia de la rigidez de las vigas. Si una viga de cimentación carece de la rigidez necesaria, no podrá transmitir de manera efectiva

los momentos generados por los asentamientos diferenciales entre las zapatas, lo que podría derivar en problemas estructurales a largo plazo. Por ello, un diseño adecuado debe considerar no solo las condiciones actuales del suelo y las cargas, sino también posibles variaciones en el comportamiento del terreno con el tiempo.

Según Mendoza (2022), Cuando se proyectan vigas de cimentación se proyecta con rigidez adecuada para lograr esto, es necesario considerar la interacción entre diferentes elementos de la estructura.

1.1.2 Formulación del problema

Después de hacer un breve análisis de lo que podría hacerse, cabe formularse las siguientes preguntas:

Problema General

- ¿Cómo influye el análisis de suelos arcillosos para diseñar de cimentaciones utilizando vigas de cimentación- conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024?

Problemas Específicos

- ¿De qué manera el análisis de suelos arcillosos influye en el esfuerzo de comprensión y tensión del concreto en vigas para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación- conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024?
- ¿Cómo influye el análisis estructural para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas para suelos arcillosos en el distrito de Villa Rica Pasco 2024?
- ¿Cómo el suelo arcilloso incide en la opción de cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024?

1.2 Antecedentes

1.2.1 Antecedentes de Análisis de suelos Arcillosos

Gamarra (2021), en su tesis titulada: *“Análisis de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos con adición de escoria de metales, Perú 2021”* Concluye que se logra

examinar la propiedad mecánica de terrenos con arcilla al adicionar desechos de minerales. A través del estudio de retroceso y ecuación de recta, se encontró valor práctico de agregación de desecho. Un 34% de desechos en relación al peso seco de los suelos arcillosos es inevitable para perfeccionar la subrasante inadecuada. Ese factor y descripción son inmejorable para ser apreciado y utilizadas en diferente diseño de obra vial. Se llevó a cabo un análisis de varios ensayos estandarizados para cursar la propiedad mecánica de los terrenos con arcilla con la agregación de desecho de minerales. Se encontró que los desechos en su estado in situ contienen más del 94% de material grueso. Al estabilizar este subproducto con el suelo arcilloso, se observó que puede variar significativamente en un rango del 20% al 30% en términos de gravas, arenas y finos, en comparación con la granulometría del suelo in situ. También, en todos los casos analizados, hubo un aumento en el porcentaje de grano grueso y una disminución en el % de finos. Además, se encontró que el 77.78% de las escorias analizadas en la prueba de los límites de Consistencia no presentan plasticidad. También, al realizar la dosificación, se observó que la escoria tiene un efecto positivo en el suelo arcilloso. En el 77.79% de los casos analizados, las características de plasticidad del suelo evolucionaron cuando se partió de una plasticidad alta (suelo arcilloso), lo que demuestra que la escoria tiende a reducir el material plástico en los suelos arcillosos.

Flor y Torres (2020) en su tesis titulada *“Estabilización de suelos arcillosos para el mejoramiento de propiedades mecánicas con la adición de cloruro de sodio, Puente Piedra, Lima, 2020”* Se llegó a las siguientes conclusiones: las propiedades mecánicas de la variable dependiente, entre las que se incluyen la capacidad de soporte (CBR), La resistencia a la compresión no confinada, la compactación y la resistencia al esfuerzo cortante presentan un comportamiento estadístico que se ajusta a una distribución normal, lo cual es relevante para la interpretación de las propiedades mecánicas del suelo. Este patrón fue validado a través de

la aplicación de la prueba de Shapiro-Wilk, un método ampliamente reconocido por su capacidad para evaluar la normalidad en conjuntos de datos.

La distribución normal implica que la mayoría de los valores de estas propiedades del suelo se agrupan en torno a una media, con una disminución progresiva hacia los extremos, lo que facilita el análisis predictivo y la modelización de su comportamiento. En el caso de la resistencia a la compresión no confinada, esta normalidad estadística permite identificar con mayor precisión los valores típicos y detectar posibles anomalías o valores atípicos que podrían indicar problemas en el suelo o en su tratamiento.

De manera similar, en términos de compactación, la distribución normal asegura que la densidad alcanzada mediante procesos de compactación pueda ser analizada en función de una variabilidad esperada, optimizando los métodos de preparación del terreno. Por otro lado, la resistencia al esfuerzo cortante, siendo un parámetro crítico en el diseño de cimentaciones y estabilidad de taludes, al seguir este comportamiento estadístico, permite realizar simulaciones más confiables y diseñar sistemas que consideren tanto los valores promedio como los posibles escenarios extremos. La prueba de Shapiro-Wilk, utilizada para confirmar este comportamiento, se basa en comparar la distribución de los datos con la de una distribución normal ideal, calculando una estadística que evalúa el grado de ajuste. Un p-valor mayor al nivel de significancia seleccionado (comúnmente 0.05) indica que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de normalidad, lo cual fue el caso en este estudio. Estos hallazgos no solo confirman la normalidad de las propiedades evaluadas, sino que también refuerzan la validez de los modelos predictivos basados en estas características. Esto resulta fundamental para optimizar el diseño de estructuras y cimentaciones, así como para implementar medidas correctivas en proyectos donde las condiciones del suelo jueguen un papel determinante. La distribución normal de estas propiedades subraya la importancia de realizar estudios detallados y estadísticamente rigurosos en ingeniería geotécnica para

garantizar resultados precisos y confiables, lo que respalda la validez estadística del análisis realizado. Gracias a este ajuste a una distribución normal, es posible emplear métodos paramétricos para evaluar y modelar estas propiedades, permitiendo comprender su impacto en el comportamiento del suelo. Esto facilita la realización de predicciones más precisas y el desarrollo de estrategias de diseño estructural más eficientes, basadas en datos confiables y bien fundamentados. A partir de este hallazgo, se optó por realizar análisis de regresión lineal múltiple, cuadrática y cúbica, acompañados de pruebas de ANOVA, con el fin de evaluar estadísticamente las hipótesis planteadas. Los resultados obtenidos confirmaron que la adición de cloruro de sodio tiene un impacto significativo en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso, mostrando cambios relevantes en parámetros clave como la capacidad de soporte, la resistencia a la compresión y la compactación. Este hallazgo destaca la efectividad del cloruro de sodio como estabilizador, lo que podría tener aplicaciones importantes en la mejora de las características del suelo para proyectos de construcción, especialmente en áreas donde el suelo arcilloso predomina. Este impacto positivo sugiere que el uso de cloruro de sodio podría ser una estrategia eficaz para mejorar la estabilidad y el rendimiento estructural de suelos en proyectos de construcción. En particular, se observó que la capacidad de soporte (CBR) al 100% se ve significativamente influenciada por el proceso de estabilización con cloruro de sodio. Este efecto resalta el potencial del cloruro de sodio para optimizar las características mecánicas de los suelos arcillosos, lo que no solo mejora la resistencia del suelo, sino que también contribuye a la durabilidad y seguridad de las estructuras. Este enfoque puede aportar importantes beneficios prácticos en proyectos de ingeniería civil, particularmente en la estabilización de terrenos, ofreciendo una solución rentable y eficiente para mejorar la capacidad de carga y reducir los riesgos asociados a terrenos problemáticos. La validez de este resultado fue respaldada de manera estadística mediante la aplicación de un modelo de regresión lineal, el cual fue evaluado utilizando la prueba F de Fisher en conjunto con un

análisis de varianza (ANOVA). Este enfoque estadístico permitió determinar la relación significativa entre las variables estudiadas y verificar la consistencia del modelo, utilizando un nivel de significancia menor al 5%, lo que garantiza un alto grado de confianza en los hallazgos obtenidos.

El análisis fue llevado a cabo en el terreno de fundación del Centro Comercial Las Vegas Plaza, localizado en el distrito de Puente Piedra, durante el año 2020. Este estudio no solo permitió corroborar la validez del modelo empleado, sino también obtener una comprensión más detallada y precisa de las condiciones particulares del suelo en esta ubicación específica. Entre los aspectos evaluados se encuentran la capacidad portante del terreno, su comportamiento bajo diferentes tipos de carga y su respuesta frente a esfuerzos cortantes, factores esenciales para el diseño y construcción segura de la edificación.

La implementación de la prueba F de Fisher con ANOVA resultó fundamental para desglosar la varianza total observada en componentes atribuibles a las variables explicativas incluidas en el modelo, así como para descartar efectos aleatorios no relacionados. Este análisis estadístico también facilitó la identificación de parámetros geotécnicos críticos, como la resistencia del suelo y su uniformidad, factores que tienen un impacto directo en la selección del tipo de cimentación más adecuado. Además, este enfoque permitió detectar posibles interacciones entre variables del suelo que podrían influir en el desempeño de la cimentación a largo plazo. Por ejemplo, al combinar datos relacionados con la compactación, el esfuerzo cortante y las propiedades de drenaje del terreno, se pudo desarrollar un perfil detallado del comportamiento mecánico del suelo en diferentes escenarios de carga. En conclusión, el análisis realizado en el terreno del Centro Comercial Las Vegas Plaza ejemplifica cómo el uso de herramientas estadísticas avanzadas, como la regresión lineal y el ANOVA, no solo valida las hipótesis planteadas, sino que también aporta una visión más integral y profunda sobre las características del suelo. Esto, a su vez, permite tomar decisiones fundamentadas en el diseño

y construcción, garantizando la seguridad y eficiencia de la infraestructura proyectada. Los resultados obtenidos subrayan el impacto significativo de la técnica de estabilización con cloruro de sodio en las propiedades mecánicas del suelo, lo que brinda información clave para aplicar esta solución en proyectos de construcción en escenarios reales. Esta estrategia de estabilización, al mejorar la capacidad de carga y la resistencia del suelo, puede ser una herramienta valiosa en la ingeniería civil, particularmente en terrenos problemáticos o con suelos arcillosos, optimizando la seguridad y sostenibilidad de las estructuras.

Becerra y Quiroz (2021), en su tesis titulada: *“Variación del peralte en vigas conectadas para optimizar el diseño estructural de zapatas conectadas en una vivienda en Cajamarca, 2021”*, se concluyó que, al analizar los diferentes escenarios de cimentación en combinación con la carga envolvente mínima, se obtienen los valores extremos, tanto máximos como mínimos, de desplazamientos y esfuerzos que afectan la estructura. Estos resultados son fundamentales para evaluar el comportamiento y desempeño de la cimentación bajo distintas condiciones de carga. La optimización del diseño estructural de las zapatas conectadas se logra a través de la variación del peralte de la viga de cimentación. Este ajuste permite reducir de manera progresiva tanto los desplazamientos como los esfuerzos generados en las zapatas, mejorando así la estabilidad y el rendimiento del sistema de cimentación. Además, esta estrategia no solo contribuye a una mejor distribución de las cargas, sino que también aumenta la durabilidad de la estructura al minimizar los riesgos de asentamientos diferenciales y sobreesfuerzos localizados. En términos prácticos, la modificación del peralte de las vigas de cimentación proporciona una solución eficaz para adaptar el diseño a los requisitos particulares del proyecto, logrando un equilibrio ideal entre seguridad, funcionalidad y costos. Esta flexibilidad en el diseño es especialmente valiosa en estructuras que deben soportar cargas variables o en terrenos con características heterogéneas. Ajustar el peralte de las vigas permite optimizar

el uso de materiales y recursos, mejorando la eficiencia del proyecto sin comprometer la estabilidad estructural. De esta manera, se puede garantizar un desempeño óptimo de la edificación frente a condiciones cambiantes y desafíos del terreno.

Roa y Vidal (2019), en su tesis titulada: *“Evaluación técnico-económica de cimentaciones en terreno con baja capacidad portante, caso: Edificio Marañón de Huamachuco, La Perla, Callao 2019”* se concluyó que las zapatas en planta pueden presentar dimensiones variables según las necesidades del diseño estructural, pero su espesor se mantiene constante en 0.60 m. En contraste, la losa de cimentación se extiende cubriendo toda el área del terreno con un espesor uniforme de 0.25 m, complementada por nervaduras de sección estándar de 0.30 x 0.60 m. Estas dimensiones han sido determinadas principalmente para asegurar la resistencia al punzonamiento y garantizar la estabilidad estructural de la edificación. Aunque la losa cubre toda la superficie del terreno, el volumen de concreto necesario solo aumenta un 9.52% en comparación con el uso de zapatas aisladas, combinadas y conectadas. Este aumento en el volumen de concreto refleja una opción más integral que proporciona mayor estabilidad y distribución de cargas, lo que puede ser beneficioso en terrenos con características variables o en proyectos que requieran un refuerzo adicional frente a cargas dinámicas o sísmicas. Esto se debe a que el diseño inicial del proyecto contempla el uso de zapatas aisladas cuadradas, con dimensiones que varían entre 2.00 y 2.55 m por lado, zapatas conectadas con medidas de 5.00 x 2.15 x 0.60 m, y una zapata continua perimetral, todas dispuestas en proximidad cercana. Debido a estas características del diseño preliminar, la diferencia en el volumen de concreto requerido para la losa de cimentación es relativamente pequeña. En cuanto al costo total de implementar la losa, se estima que el acero representa aproximadamente el 35.83% del presupuesto, lo que refleja una inversión significativa en refuerzo estructural. Esta distribución de costos debe ser considerada en el análisis de viabilidad económica del

proyecto, ya que, aunque la losa de cimentación podría requerir una cantidad algo mayor de concreto, su diseño ofrece ventajas en términos de estabilidad y resistencia, especialmente en terrenos con condiciones variables. Esto se debe a la necesidad de utilizar una doble malla de acero de 5/8", con una separación de 0.20 m entre las barras, lo cual resulta fundamental para asegurar la resistencia y rigidez requeridas en este tipo de cimentación. Este enfoque no solo optimiza la distribución de cargas de manera más eficiente, sino que también incrementa la durabilidad y el desempeño de la estructura, incluso en condiciones exigentes como las que se pueden presentar en terrenos con características inestables o bajo cargas dinámicas. La incorporación de esta malla de acero asegura que la cimentación pueda resistir los esfuerzos a lo largo del tiempo, manteniendo la integridad estructural y reduciendo los riesgos de fallos prematuros.

Fernández y López (2019), con su trabajo de investigación y tesis *"Análisis y Diseño Estructural del Estadio Municipal de Sókota, Distrito de Sókota, Provincia de Cutervo, Departamento de Cajamarca"*, se concluyó que los esfuerzos sísmicos son un factor clave en el diseño de la estructura. Esta conclusión subraya la importancia de considerar adecuadamente las cargas sísmicas en el proceso de diseño, ya que las características sísmicas de la región pueden tener un impacto significativo en la estabilidad y seguridad de la edificación. Por lo tanto, se debe implementar un diseño estructural que no solo considere las cargas gravitacionales, sino también los efectos de los movimientos sísmicos para garantizar la resistencia y durabilidad del edificio a largo plazo. En consecuencia, es imprescindible adherirse rigurosamente a las disposiciones de la normativa de diseño sismo-resistente para asegurar tanto la seguridad como la estabilidad de la edificación. En este caso particular, se determinó que el predimensionamiento inicial de las columnas, diseñado únicamente considerando las cargas gravitacionales, no cumplía con los requerimientos mínimos de rigidez necesarios para resistir adecuadamente las

fuerzas sísmicas. Este hallazgo resalta la necesidad de incorporar desde las etapas iniciales del diseño estructural un análisis que considere las demandas sísmicas, lo que asegura un desempeño óptimo de la estructura frente a eventos sísmicos. En consecuencia, fue esencial redimensionar las columnas tomando en cuenta su rigidez estructural, lo cual mejoró significativamente la capacidad de la edificación para resistir las fuerzas laterales generadas por un sismo. Este enfoque refuerza la importancia de realizar una evaluación exhaustiva de las fuerzas sísmicas desde el principio del diseño, optimizando los elementos estructurales clave para garantizar no solo el cumplimiento de las normativas, sino también la seguridad de los ocupantes y la durabilidad de la infraestructura en zonas con alta actividad sísmica, como la que presenta este proyecto. Esta estrategia asegura que el diseño sea resistente y funcional a largo plazo, incluso ante eventos sísmicos severos.

Meléndez et al. (2020), con su trabajo de investigación: *“Sistema de Anclaje para la cimentación de contenedores en la construcción de edificaciones”* El objetivo principal radica en desarrollar un sistema de anclaje eficiente para la base de los contenedores que serán utilizados en diversos propósitos, asegurando el cumplimiento de las regulaciones vigentes en la ciudad de Bogotá y sus alrededores. Este sistema también debe adherirse a las especificaciones técnicas establecidas en la microzonificación sísmica colombiana NSR-10 y en la normativa internacional ISO, garantizando tanto la seguridad estructural como la adecuación a estándares globales. Se ha identificado que la cimentación es el elemento esencial para transferir de manera efectiva las cargas de la estructura al suelo, asegurando estabilidad y funcionalidad. Sin embargo, hasta el momento, no se ha encontrado una alternativa viable a las técnicas tradicionales de construcción, que emplean materiales comunes como concreto y acero, para alcanzar este objetivo. Además, no se ha explorado ni propuesto un enfoque innovador diseñado específicamente para este tipo de estructuras, lo cual abre una oportunidad para investigar y desarrollar soluciones creativas

que optimicen el diseño y la funcionalidad del sistema de anclaje, incorporando tecnologías modernas o materiales alternativos. Este enfoque podría no solo cumplir con los requisitos técnicos y normativos, sino también mejorar la sostenibilidad, eficiencia y adaptabilidad de los contenedores en diferentes contextos.

1.3 Objetivos

- Objetivo General

Determinar el análisis de suelos arcillosos para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024.

- Objetivos Específicos

Objetivo Específico 1: a. Determinar el esfuerzo de compresión y tensión del concreto en vigas para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación- conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024.

Objetivo Específico 2: Determinar el análisis estructural para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas para suelos arcillosos en el distrito de Villa Rica Pasco 2024.

Objetivo Específico 3: Identificar la clasificación del suelo arcilloso para cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024.

1.4 Justificación

El objetivo principal de esta investigación es examinar las cargas sísmicas y su impacto en la estabilidad estructural de las viviendas unifamiliares situadas en el Jr. Westreicher N°180-200, en el distrito de Villa Rica. Este estudio busca garantizar que las viviendas cumplan con las normativas de construcción actuales, con el fin de diseñar

estructuras que brinden una resistencia óptima frente a los terremotos, protegiendo así la seguridad de los ocupantes. A través de un análisis detallado de las cargas sísmicas, se pretende desarrollar soluciones que no solo cumplan con los requisitos normativos, sino que también optimicen la seguridad y la durabilidad de las edificaciones en una zona susceptible a sismos. Además de evaluar el comportamiento estructural frente a las fuerzas sísmicas, este proyecto busca preservar la integridad de las viviendas y la seguridad de los usuarios, promoviendo la construcción de edificaciones más estables y duraderas. Por medio de este análisis, se pretende identificar y recomendar las estrategias más efectivas para optimizar el diseño estructural y minimizar los riesgos asociados a los movimientos telúricos. La ejecución de este proyecto permitirá no solo cumplir con los estándares técnicos y normativos, sino también aportar soluciones prácticas que contribuyan al desarrollo sostenible de las construcciones en zonas sísmicamente activas, priorizando la seguridad y el bienestar de las comunidades locales para **DISEÑAR LA CIMENTACIONES UTILIZANDO VIGAS DE CIMENTACIÓN - CONETADAS.**

Es fundamental destacar que este proyecto está diseñado para beneficiar a los residentes del Jr. Westreicher N°180-200, ubicado en el distrito de Villa Rica, Pasco. Su implementación contribuirá significativamente al desarrollo de la comunidad, promoviendo mejoras en la infraestructura local. Al mismo tiempo, impactará positivamente en la calidad de vida de los habitantes, facilitando que puedan realizar sus actividades cotidianas de manera más eficiente y en condiciones más seguras y funcionales.

Es sumamente importante contribuir con la realización de este proyecto, ya que nos proporcionará experiencia en la realización de actividades que son de gran importancia en el país en la actualidad. **“ANÁLISIS DE SUELOS ARCILLOSOS PARA DISEÑAR**

CIMENTACIONES UTILIZANDO VIGAS DE CIMENTACIÓN - CONECTADAS EN EL DISTRITO DE VILLA RICA – PASCO - 2024”.

1.5 Hipótesis

- Hipótesis General

El análisis de suelos arcillosos influye significativamente para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024.

- Hipótesis Específicas

Hipótesis Específica 1: El esfuerzo de compresión y tensión del concreto en vigas en suelos arcillosos muestra un mejor comportamiento en el diseño de cimentación en el distrito de Villa Rica Pasco 2024.

Hipótesis Específica 2: El análisis estructural influye para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas para suelos arcillosos en el distrito de Villa Rica Pasco 2024.

Hipótesis Específica 3. c. La clasificación del suelo arcilloso influye para cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024.

II. MARCO TEORICO

2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. Suelos Arcillosos

2.1.1.1 Definición de Suelos arcillosos

En el campo de la mecánica de suelos, se considera arcilla a las partículas de sustancias inorgánicas cuyo tamaño sea inferior a 0.02 mm, ya que es a partir de este tamaño cuando empiezan a surgir las acciones fisicoquímicas. Por lo general, los terrenos arcillosos representan un riesgo significativo en la construcción de cimientos. En este tipo de terreno, pueden ocurrir asentamientos significativos a lo largo de un período prolongado o incluso muy extenso. Por ello, el entendimiento del comportamiento de estos suelos bajo cargas ha evolucionado considerablemente en los últimos años. Investigaciones recientes han demostrado que el tiempo de asentamiento de los estratos arcillosos guarda una relación directamente proporcional al cuadrado de su espesor. Este hallazgo es crucial para la comprensión del comportamiento de suelos cohesivos, ya que permite predecir de manera más precisa los tiempos requeridos para que los asentamientos se establezcan bajo condiciones de carga específicas.

Por ejemplo, si se considera un estrato arcilloso de 2 metros de espesor, sobre el cual la cimentación de una estructura experimenta un asentamiento completo en un período de cuatro años, duplicar el espesor a 4 metros resultará en un aumento cuadrático del tiempo requerido para el mismo proceso. En este caso, el tiempo de asentamiento se incrementaría a 16 años, siguiendo la proporción cuadrática.

Este comportamiento se debe a la naturaleza del proceso de consolidación de los suelos arcillosos, que involucra la expulsión gradual de agua de sus poros bajo la acción de una carga aplicada. En estratos más gruesos, el agua atrapada en las capas más profundas tarda más tiempo en ser expulsada debido a la mayor distancia que debe recorrer para alcanzar la

superficie, lo que prolonga significativamente el tiempo de estabilización. El conocimiento de esta relación es fundamental en proyectos de ingeniería geotécnica, especialmente en el diseño de cimentaciones y obras de infraestructura sobre suelos cohesivos. Por ejemplo, en la construcción de edificaciones, carreteras, o puentes sobre terrenos arcillosos, este tipo de análisis permite prever el comportamiento a largo plazo de la estructura y adoptar medidas que minimicen los riesgos asociados a asentamientos diferenciales o excesivos. Además, este principio tiene implicaciones prácticas en la toma de decisiones relacionadas con el pretratamiento del suelo, como la preconsolidación mediante métodos de sobrecarga o el uso de drenes verticales. Estas técnicas pueden acelerar el proceso de consolidación, reduciendo significativamente los tiempos de asentamiento y mejorando la viabilidad de los proyectos en terrenos arcillosos. En resumen, la relación cuadrática entre el tiempo de asentamiento y el espesor de los estratos arcillosos subraya la importancia de realizar estudios detallados del terreno antes de iniciar cualquier obra de construcción. Al incorporar este conocimiento en la planificación y diseño, se puede garantizar una mayor seguridad, estabilidad y eficiencia en los proyectos de ingeniería civil. De igual forma, un estrato de 10 metros podría tardar aproximadamente 100 años en experimentar el mismo grado de asentamiento. Este fenómeno subraya la importancia de considerar la profundidad y las características del terreno en el diseño de cimentaciones, especialmente en suelos arcillosos, para prever los posibles asentamientos a lo largo del tiempo y garantizar la estabilidad estructural. Este fenómeno ha sido corroborado a través del estudio de edificaciones históricas emblemáticas, lo que refuerza la importancia de realizar análisis detallados del comportamiento de suelos arcillosos en proyectos de construcción. Este conocimiento permite a los ingenieros diseñar cimentaciones más seguras y eficientes, adaptadas a las características del terreno y las demandas del proyecto. Un ejemplo notable es el Duomo de Koenigsberg, cuya cimentación sobre un espeso estrato arcilloso ha ocasionado un hundimiento de 180 cm a lo largo de 500 años, sin que aún se haya alcanzado

la posición de equilibrio definitivo. Otro caso célebre es la Torre de Pisa en Italia, conocida mundialmente por su inclinación provocada por el asentamiento desigual de su base sobre suelos arcillosos. En años recientes, su cimentación ha sido reforzada y estabilizada para frenar este fenómeno y garantizar su preservación. En terrenos con estas características, las pruebas de carga convencionales resultan inadecuadas para predecir su comportamiento a largo plazo, debido a la naturaleza progresiva y prolongada del asentamiento en suelos arcillosos. Por ello, es esencial recurrir a estudios geotécnicos detallados y a modelaciones que consideren tanto las propiedades del suelo como los efectos del tiempo en el comportamiento de la estructura. Estos análisis son clave para diseñar cimentaciones más seguras y prever los posibles desafíos asociados a la construcción en este tipo de terrenos.

Los factores que más influyen en el tiempo en cual se demora el asentamiento son la cantidad de agua en el estrato y la permeabilidad de este, El asentamiento instantáneo de una arcilla con alto contenido de agua es prácticamente inexistente, tanto en la arcilla misma como en el terreno adyacente. Esto se debe a que el agua, al ser incompresible, tolera la carga en lugar de la arcilla. El agua, bajo presión, busca fluir y desocupar los huecos ocupados por la arcilla. Sin embargo, este proceso es lento y se dificulta aún más cuando la capa de arcilla es impermeable. Por lo tanto, es razonable entender que en terrenos compuestos por arcillas muy puras y de gran espesor, el proceso para alcanzar un estado de equilibrio puede extenderse durante muchos años. Este comportamiento es característico de este tipo de suelo, dado que su baja permeabilidad y alta plasticidad ralentizan significativamente el proceso de consolidación bajo cargas aplicadas. Este hallazgo destaca la relevancia de llevar a cabo estudios geotécnicos exhaustivos, que permitan prever con precisión los tiempos de asentamiento de los suelos y diseñar sistemas de cimentación que se ajusten a las características específicas del terreno. Un análisis detallado no solo es esencial para garantizar la estabilidad estructural a largo plazo,

sino también para evitar problemas como asentamientos diferenciales, que pueden comprometer la integridad de la edificación y generar costos adicionales por reparaciones.

Además, este enfoque permite anticipar el comportamiento del terreno bajo las cargas previstas y evaluar la necesidad de aplicar técnicas de mejora del suelo, como la preconsolidación, el uso de drenes verticales o el tratamiento con materiales estabilizantes. Estas medidas pueden acelerar el proceso de asentamiento y reducir riesgos, especialmente en terrenos arcillosos o con baja capacidad portante. Por otro lado, el diseño adecuado de las cimentaciones, basado en datos confiables obtenidos a partir de los estudios geotécnicos, asegura no solo la seguridad de la estructura, sino también su funcionalidad y durabilidad. Esto es particularmente crítico en proyectos de gran envergadura, como edificios altos, puentes o carreteras, donde cualquier fallo en la planificación puede tener consecuencias significativas tanto en términos económicos como en la seguridad de los usuarios. En definitiva, invertir en un análisis geotécnico detallado desde las primeras etapas de un proyecto no solo contribuye a optimizar el diseño de las cimentaciones, sino que también refuerza la sostenibilidad y eficiencia del proyecto en su conjunto, permitiendo que la interacción entre el terreno y la estructura sea completamente armoniosa.

2.1.1.2 Análisis de suelos Arcillosos

Los suelos arcillosos compactados son una forma de suelo no saturado creada por el ser humano. Se pueden estudiar los suelos parcialmente saturados y aplicarles los conocimientos que se tienen sobre estos suelos. En términos generales, cuando los suelos no saturados se mojan, sin alterar las cargas aplicadas, es posible que experimenten un cambio de volumen, ya sea aumentando (expansión) o disminuyendo (colapso). El propósito es reducir la inestabilidad volumétrica del suelo frente a la aplicación de presiones y la presencia de agua.

Figura 3*Suelos Arcillosos*

Nota: El objetivo de este estudio es identificar las condiciones óptimas para compactar un suelo fino con arcilla, es decir, cómo controlar adecuadamente las variables de compactación. Adaptado de gráfico. (Angulo, 2024).

2.1.1.3 Investigación sobre mecánica de suelos

Terzaghi dice que la mecánica de pavimentos es el uso de la norma del funcionamiento y lo hidráulico en cuestiones de ingeniería relacionados con sedimento y otros agregados no consolidados de cuerpos sólidos, producidos por su descomposición mecánico o como se compone lo químico de rocas o que contienen sustancias.

La mecánica de suelos incluye:

- Teoría acerca de la conducta del terreno ante las cargas, basada en las simplificaciones necesarias teniendo en cuenta el estado de pensamiento actual.
- Identificación de las propiedades físicas del suelo.
- Aplicación de métodos teóricos y empíricos a problemas prácticos.

Los métodos de prueba de laboratorio son parte de la ingeniería de suelos, en el fondo no sólo se escapan los problemas que surgen en el metal y el material (módulo

elástico y resistencia a la rotura), y la exageración por la gran complejidad del material, sino también otros similares: cambios terribles en el proceso natural de formación del suelo. gestión de la ingeniería.

En paisajismo, el tratamiento de las muestras (sin cambios - sin cambios) es importante. La ingeniería territorial ha desarrollado métodos de planificación territorial: color, olor, textura, distribución de tamaños, plasticidad (A. Casagrande). (Puy, 2005, p.1)

2.1.1.4 Análisis Granulométrico

La prueba separa y divide materiales por medio de una colección de tamiz en diferentes partes de tamaño decreciente. Luego de un periodo de tiempo retiramos en tamiz limpiando para dividir la masa de materiales retenidos en cada tamiz, su totalidad corresponde a lo utilizado en la columna de tamiz. (Gamarra, 2021)

2.1.1.5 Límites de Consistencia

El índice de Atterberg, también se llama índice de consistencia, es la decisión más común laboratorio de suelos. Por otro lado, se trata de decisiones sencillas y rápidas, que permiten un análisis rápido del suelo y la selección de ejemplos comunes para hacer frente a ensayos complejos. (Puy, 2005, p.2)

El uso del índice de Atterberg se basa en el favor de la práctica acumulativo de varias de decisiones, se sabe bien su valor para poseer un concepto correcto del tipo de terreno y sus propiedades. Adaptado de gráfico (Puy, 2005, p.2)

2.1.1.6 Ensayos de CBR

Se mide mediante el CBR (Prueba de relación de rodamientos de California). La resistencia al esfuerzo cortante del suelo permite evaluar su calidad y determinar su idoneidad para su uso en la subrasante, la capa de cimentación y el núcleo de una carretera. Realizándose en situaciones de control a lo denso y húmedo. Es una de las cosas

importantes que logramos al estudiar geotécnicamente previniendo a las construcciones, similar que el Ensayo Proctor y el análisis de granulometría del suelo. (Puy, 2005)

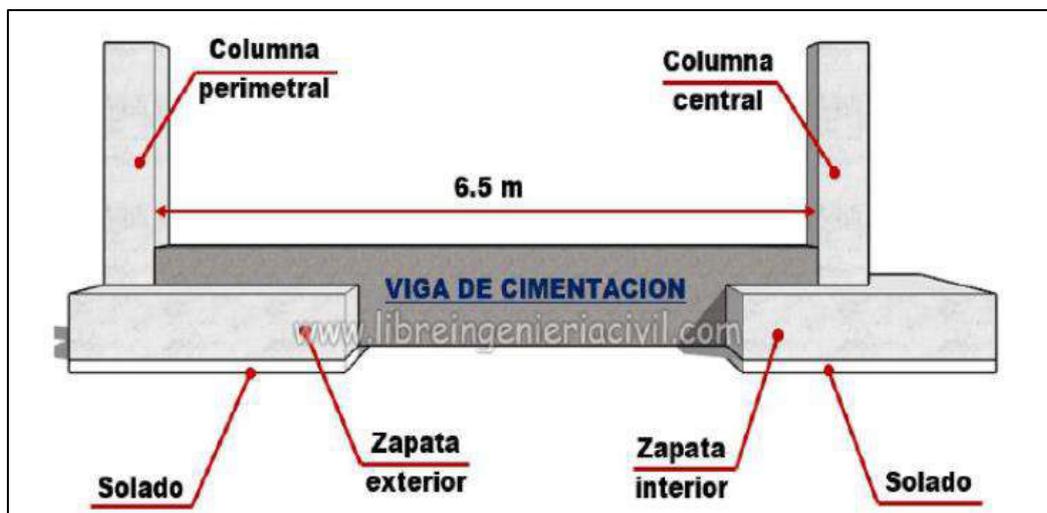
2.1.2 Tipos de cimentación

2.1.2.1 Viga de Cimentación

La viga de cimentación es usada cuando se tienen elementos verticales (columnas, placas) en los límites de propiedad, se generan grandes esfuerzos en el borde exterior de la zapata excéntrica, los cuales presentan una distribución triangular debido a la excentricidad de la carga aplicada. (Bautista et al., 2022).

Figura 4:

Viga de Cimentación



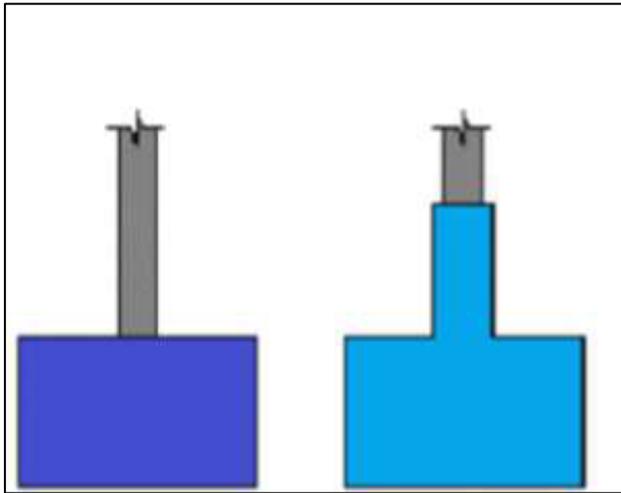
Nota: Es una estructura de concreto armado que sirve para conectar zapatas aisladas y están diseñadas para sostener cargas lineales, concentradas o uniforme, en una sola dirección.

Adaptado de gráfico (Bautista et al., 2022).

La sección transversal de las vigas de cimentación puede variar, pudiendo ser en forma de L, rectangular o tener la forma de T invertida. Esta última opción resulta más económica en términos de uso de concreto y acero, aunque requiere un mayor costo en el encofrado y la mano de obra.

Figura 5 *Viga de cimentación rectangular y T invertida*

Viga de cimentación rectangular y T invertida



Nota: Actualmente, se observa una inclinación hacia el uso de secciones rectangulares en la mayoría de las construcciones, a excepción de las grandes cimentaciones. En estos casos, se pueden considerar formas más complicadas si ello resulta en un beneficio económico. Adaptado de gráfico (Bautista et al., 2022).

- Este tipo de cimentación tiene una ventaja evidente en comparación con las zapatas aisladas, ya que es menos sensible a posibles defectos locales del terreno, especialmente cuando se trata de suelos poco uniformes.
- Las pilas se utilizan en terrenos de poca resistencia para fusionar de forma secuencial la base de varias columnas. Se crea una malla de cimentación al unir superficialmente las columnas mediante vigas en dos direcciones.
- En el caso de cimentaciones de borde o cimentaciones cercanas al límite de propiedad, es aconsejable reducir el peso del edificio en su totalidad. Esto se debe a que su uso está restringido a cargas relativamente ligeras, con el objetivo de prevenir que la reacción del suelo genere cargas excéntricas. Si no hay restricciones de propiedad, esta solución puede ser utilizada para soportar cargas pesadas sin tener en cuenta la excentricidad.

2.1.2.1.1 Características de vigas de cimentación

- Absorben cargas y momentos que transmiten las columnas y rigidizan la estructura.
- Las dimensiones son más grandes que las vigas conectadas.
- Se utilizan en suelos de alta y baja capacidad de carga.
- Se logra equilibrar la mala distribución de esfuerzos en zapatas.
- El acero superior mayor que el inferior.
- Generalmente la altura de la viga es superior al de la zapata.
- Espaciado de estribos similar al de una viga.
- Se usa en edificaciones de muchos pisos.

2.1.2.1.2 La reducción de asentamientos diferenciales

La rigidez de las vigas de cimentación es un factor clave para asegurar el control adecuado de los asentamientos diferenciales, ya que juega un papel crucial en la distribución uniforme de las cargas. Esta rigidez contribuye de manera significativa a la estabilidad global de la estructura, ayudando a minimizar las deformaciones no deseadas que puedan afectar su integridad. Al mantener un comportamiento estable frente a los movimientos del terreno, las vigas de cimentación garantizan una respuesta estructural eficiente y segura, especialmente en terrenos propensos a asentamientos irregulares. En el ámbito de los proyectos de construcción, las dimensiones máximas permitidas para las secciones de las vigas de cimentación están reguladas por normativas técnicas específicas que establecen los lineamientos necesarios para garantizar un diseño seguro y eficiente. Estas normativas se desarrollan considerando una variedad de factores cruciales, como la capacidad portante del terreno, la correcta distribución de los esfuerzos generados por la estructura, y las particularidades geotécnicas del lugar donde se edificará.

Al adherirse a estas regulaciones, se asegura que las vigas de cimentación sean capaces de soportar las cargas aplicadas, evitando deformaciones o fallos que puedan comprometer la estabilidad global de la construcción. Además, estas directrices promueven la uniformidad y calidad en el diseño estructural, minimizando riesgos y asegurando el cumplimiento de los estándares internacionales de seguridad. El diseño de las vigas de cimentación requiere una cuidadosa evaluación tanto de las cargas transmitidas por la estructura como de las propiedades mecánicas del suelo subyacente. Esto incluye aspectos como la resistencia al esfuerzo cortante, la capacidad de deformación y el comportamiento del terreno bajo diferentes condiciones de carga. Una correcta consideración de estos parámetros permite no solo optimizar el tamaño y las dimensiones de las vigas, sino también garantizar una adecuada distribución de las cargas hacia el terreno. Adicionalmente, el diseño debe integrar soluciones específicas para enfrentar desafíos únicos del terreno, como asentamientos diferenciales, suelos expansivos o la presencia de agua subterránea, que pueden afectar significativamente el desempeño de las vigas. En ciertos casos, pueden ser necesarios refuerzos adicionales o el uso de materiales más avanzados para garantizar que las vigas cumplan con los requerimientos estructurales. En conclusión, las dimensiones de las vigas de cimentación no son un aspecto arbitrario del diseño, sino el resultado de un proceso meticuloso que combina normativas técnicas, análisis geotécnicos y cálculos estructurales detallados. Este enfoque integral asegura que las vigas no solo resistan las cargas aplicadas, sino que también contribuyan a la durabilidad y funcionalidad de la edificación, adaptándose a las condiciones particulares de cada proyecto y cumpliendo con los más altos estándares de seguridad y eficiencia. Este enfoque permite no solo distribuir las cargas de manera uniforme, sino también minimizar los riesgos asociados a los movimientos del terreno, como asentamientos desiguales o deformaciones excesivas. Una viga de cimentación correctamente dimensionada y con la rigidez adecuada no solo garantiza el desempeño estructural, sino que también optimiza el uso de materiales y recursos,

contribuyendo a la sostenibilidad y eficiencia del proyecto. Una relación dimensional comúnmente aceptada es $L/20$, la cual permite reducir significativamente la posibilidad de transferencia de cargas entre zapatas adyacentes. Sin embargo, para que una viga de cimentación pueda garantizar la transmisión de momentos generados por los asentamientos diferenciales entre las zapatas, es imprescindible que cuente con una rigidez adecuada. Si la viga no es suficientemente rígida, no será capaz de soportar las cargas de manera uniforme, lo que podría comprometer la estabilidad y el desempeño estructural. En este contexto, es fundamental realizar un diseño cuidadoso que considere tanto la rigidez como las características mecánicas de las vigas, optimizando su capacidad para distribuir esfuerzos y minimizar deformaciones. Esto es especialmente relevante en terrenos heterogéneos o con propiedades que varían significativamente, donde los asentamientos diferenciales son más probables y representan un desafío importante para la ingeniería estructural. Para controlar los asentamientos diferenciales de la estructura, es fundamental tener en cuenta la interacción entre el suelo y la estructura al diseñar la viga de cimentación. Esto implica proyectar una viga con la rigidez adecuada, que permita distribuir de manera uniforme las cargas aplicadas, reducir las deformaciones diferenciales y garantizar la estabilidad de la edificación. Al considerar esta interacción, se logra un diseño más eficiente y seguro, adaptado a las características específicas del terreno y las demandas estructurales del proyecto de (Bautista et al., 2022). En algunas situaciones, se ha aplicado un método práctico para controlar los asentamientos diferenciales en las vigas de cimentación. Este método consiste en proporcionar al ingeniero geotécnico el valor del asentamiento diferencial que ocurre en uno de los extremos de la viga. Este asentamiento induce un momento específico en el extremo opuesto de la viga, como resultado de la interacción entre las cargas aplicadas y la rigidez estructural de la viga. Este momento inducido es clave para que el ingeniero pueda analizar y diseñar la viga de manera que sea capaz de resistir las deformaciones y esfuerzos provocados por los asentamientos diferenciales.

De esta manera, se garantiza que la cimentación mantenga su estabilidad y funcionalidad, incluso en condiciones de terreno con comportamiento no uniforme. Este enfoque no solo mejora la precisión del diseño estructural, sino que también contribuye a aumentar la seguridad y durabilidad de la edificación. La estrategia se basa en la simulación de los efectos que produce el suelo sobre la cimentación, permitiendo identificar las condiciones críticas que podrían afectar la estabilidad estructural. El éxito de este enfoque depende en gran medida de una colaboración estrecha y efectiva entre los especialistas en geotecnia y los ingenieros estructurales. Este trabajo conjunto es fundamental para garantizar que todos los aspectos relevantes del diseño sean cuidadosamente evaluados y optimizados, permitiendo que la solución propuesta sea segura, eficiente y adaptada a las condiciones específicas del proyecto.

Por un lado, los especialistas en geotecnia aportan un conocimiento profundo de las propiedades mecánicas del terreno, como la capacidad portante, la cohesión, el ángulo de fricción y el comportamiento del suelo bajo diferentes cargas. Su análisis incluye estudios detallados como pruebas de laboratorio y ensayos de campo, que permiten caracterizar con precisión el terreno y prever su respuesta ante las cargas transmitidas por la estructura.

Por otro lado, los ingenieros estructurales son responsables de diseñar las características geométricas y estructurales de las vigas de cimentación, teniendo en cuenta las magnitudes y distribuciones de las cargas aplicadas por la edificación. Este diseño debe considerar factores como la resistencia a la flexión y al esfuerzo cortante, así como la interacción entre la viga y el suelo, asegurando que las cargas se distribuyan uniformemente y que la cimentación mantenga su estabilidad a lo largo del tiempo.

La sinergia entre ambas disciplinas permite integrar de manera efectiva el comportamiento del terreno con las exigencias estructurales, garantizando que el diseño de la cimentación sea no solo funcional, sino también resiliente frente a las condiciones específicas del sitio de construcción. Por ejemplo, esta colaboración resulta crucial en terrenos complejos

o problemáticos, como aquellos con estratos arcillosos, suelos expansivos o presencia de agua subterránea, donde las soluciones estándar podrían no ser suficientes. Además, esta integración permite adoptar tecnologías avanzadas y técnicas innovadoras, como el uso de software de modelado geotécnico y estructural, que facilitan el análisis detallado de la interacción suelo-estructura. Esto resulta en diseños más precisos y en una mayor capacidad para anticipar y mitigar posibles problemas durante y después de la construcción. En resumen, la estrecha coordinación entre los especialistas en geotecnia y los ingenieros estructurales no es simplemente un requisito técnico, sino una condición indispensable para lograr diseños de cimentación que sean seguros, eficientes y sostenibles, maximizando el desempeño de la estructura y minimizando riesgos a lo largo de su vida útil. Este enfoque integrado garantiza que la viga de cimentación disponga de la rigidez necesaria para reducir al mínimo los desplazamientos diferenciales, distribuir de manera uniforme los momentos inducidos y, en última instancia, prevenir daños estructurales. Además, este trabajo conjunto permite optimizar el desempeño global de la edificación, asegurando su estabilidad y funcionalidad a largo plazo, incluso en condiciones desafiantes. La interacción entre las disciplinas es clave para lograr un diseño eficiente, adaptado a las características específicas del proyecto y que cumpla con los estándares de seguridad y calidad requeridos y se define por:

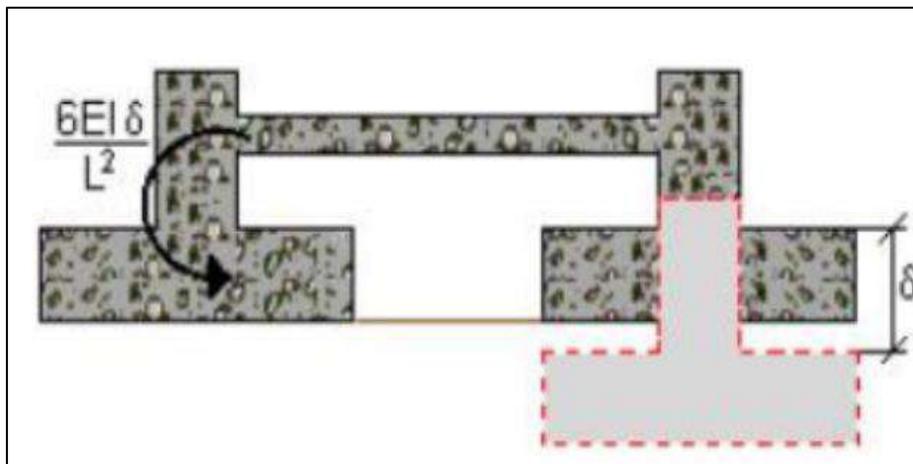
$$M = \frac{6EI}{L^2} \delta$$

δ Un caso interesante surge, como se ilustra en la Figura 3, donde se observa que, para un valor específico de asentamiento diferencial δ , un incremento en la sección transversal de la viga provoca un aumento en el momento generado. δ . En esta situación, el control del asentamiento diferencial δ no está siendo gobernado directamente por la rigidez de la viga, sino por el valor del momento inducido. Esto conduce a un diseño contradictorio, ya que una mayor rigidez en la viga requiere un aumento en la cantidad de acero utilizado, lo cual, desde

una perspectiva práctica y económica, no es ideal ni eficiente. El principal inconveniente surge de la suposición incorrecta de que el asentamiento diferencial δ , proporcionado por el ingeniero de suelos, es independiente de la rigidez de la viga. En realidad, existe una relación inversa entre la rigidez de la viga y el asentamiento diferencial: a medida que la rigidez aumenta, el asentamiento diferencial disminuye. Esta interacción subraya la importancia de considerar adecuadamente la flexibilidad del sistema suelo-estructura en el diseño. Para evitar diseños poco prácticos, es esencial adoptar un enfoque integrado en el que se evalúe simultáneamente la rigidez de la viga y la respuesta del suelo. Esto permitirá optimizar el diseño estructural, minimizando el uso excesivo de acero y asegurando un control efectivo de los asentamientos diferenciales, todo dentro de los parámetros de estabilidad y eficiencia económica.

Figura 6

Momento inducido en un extremo de la viga de cimentación



Nota: Si la viga de cimentación carece de un diseño adecuado para mitigar los asentamientos diferenciales y no posee la rigidez necesaria, su inclusión en el proceso de diseño no es recomendable. Esto se debe a que una viga con insuficiente rigidez no podrá cumplir eficazmente su función de distribuir los esfuerzos ni garantizar la estabilidad estructural, lo que podría comprometer el desempeño de la edificación. (Bautista et al., 2022).

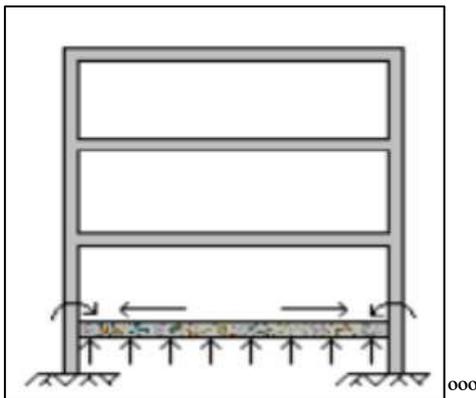
2.1.2.1.3 Atención de Momentos Generados por excentricidades por no consideradas en los Diseños

La función de ejercer esta tarea recae en la viga de cimentación, la cual depende del criterio que se adopte para su diseño.

El primer criterio consiste en diseñar la viga de cimentación de tal manera que absorba los momentos generados en el empotramiento, mientras que la zapata solo se encargue de soportar la carga axial.

Figura 7

Momentos y cargas axial resultantes del análisis estructural



Nota: Es necesario tener en cuenta la viga durante el análisis estructural, puesto que normalmente no se construye en el aire, sino que se apoya sobre el suelo, Adaptado de gráfico (Bautista et al., 2022).

- En ciertos casos, algunos diseñadores eligen no considerar la viga de cimentación dentro del análisis estructural general del sistema. No obstante, en otras ocasiones, el diseño de la viga de cimentación se realiza de manera arbitraria, basándose exclusivamente en los momentos calculados en los puntos de conexión columna-zapata, derivados del análisis estructural bajo la hipótesis de un empotramiento perfecto. Este enfoque tiene limitaciones significativas, ya que no incorpora de manera adecuada la interacción suelo-estructura ni el impacto real que tiene la rigidez de la viga en el

comportamiento integral del sistema estructural, lo que puede resultar en diseños menos seguros y eficientes. Al ignorar estos factores, es posible que se subestimen o sobreestimen los esfuerzos y deformaciones, lo que podría llevar a diseños no óptimos o a problemas estructurales a largo plazo. Para lograr un diseño más preciso y eficiente, es fundamental incluir la viga de cimentación en el modelo estructural desde el inicio. Esto permite evaluar su contribución a la redistribución de cargas, el control de asentamientos diferenciales y la interacción con las zapatas y las columnas. De este modo, se obtendrán resultados más realistas, asegurando tanto la estabilidad como la economía del sistema de cimentación.(Garza, 2000).

- El segundo enfoque consiste en diseñar la zapata de manera que sea capaz de resistir el momento biaxial generado por las cargas aplicadas. Este criterio está más alineado con la suposición inicial de que existe un empotramiento rígido entre la columna y la zapata, lo que permite que ambos elementos trabajen de manera conjunta para absorber los esfuerzos. En este escenario, la viga de cimentación no desempeña un papel primario en la redistribución de esfuerzos debido a los asentamientos diferenciales o cargas gravitacionales. En su lugar, se diseña específicamente para resistir las cargas nominales inducidas por un evento sísmico. Esto simplifica el diseño de la viga, ya que solo requiere armaduras mínimas, optimizando tanto los costos como el consumo de materiales. Este criterio resulta particularmente útil en situaciones donde las cargas sísmicas no son excesivamente severas y la interacción suelo-estructura es moderada, permitiendo que las zapatas y columnas asuman la mayor parte de los esfuerzos. Sin embargo, es importante garantizar que las zapatas tengan la capacidad suficiente para resistir de manera segura los momentos biaxiales, y que el diseño cumpla con las normativas sismo-resistentes aplicables, preservando la estabilidad y funcionalidad del sistema estructural en su conjunto.

2.1.2.1.4 El mejoramiento del comportamiento sísmico de la estructura

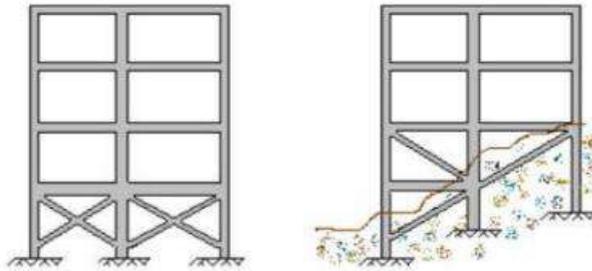
Este criterio establece que las vigas de cimentación deben ser diseñadas para resistir no solo fuerzas de tracción y compresión, sino también las fuerzas adicionales generadas por eventos sísmicos. Esto asegura que las vigas desempeñen su función estructural de manera óptima, proporcionando la rigidez y capacidad necesarias para mantener la estabilidad de la edificación bajo diversas condiciones. Además de las cargas estáticas, como las cargas gravitacionales y el peso propio de la estructura, las vigas de cimentación deben ser capaces de manejar las cargas dinámicas que ocurren durante un terremoto. La capacidad de soportar tanto fuerzas de tracción como de compresión es fundamental, ya que las vigas de cimentación tienen la función de distribuir de manera eficiente las cargas a través de los elementos verticales de la estructura, como columnas y muros, transmitiéndolas adecuadamente hacia el terreno subyacente. Esto contribuye a minimizar los asentamientos diferenciales y a evitar la aparición de deformaciones estructurales que puedan comprometer la seguridad de la edificación. Un diseño adecuado de las vigas de cimentación, considerando estas fuerzas, no solo garantiza la estabilidad frente a cargas verticales y sísmicas, sino que también mejora la durabilidad de la estructura, adaptándose a las demandas de la obra y a las condiciones del terreno durante toda la vida útil de la edificación.

2.1.2.1.5 El arriostamiento en laderas

La función de las vigas de cimentación tiene una amplia aplicación, especialmente en terrenos con características topográficas irregulares. Las diferencias de elevación del terreno pueden ocasionar que un edificio presente variaciones en su altura y configuración geométrica, lo que a su vez puede inducir tensiones de flexión en las columnas. Las vigas de cimentación, al ser diseñadas adecuadamente, ayudan a mitigar estos efectos, proporcionando estabilidad y distribuyendo de manera uniforme las cargas, incluso en condiciones de terreno desiguales. Esto resulta crucial para garantizar el desempeño estructural y la seguridad de la edificación.

Figura 8

Vigas para arriostamiento en edificios construidos en laderas



Nota: Estas tensiones pueden ser mitigadas utilizando vigas de cimentación en dirección diagonal, como se muestra en la figura 05, las cuales, al arriostar el edificio, aportan rigidez a la zona más flexible y vulnerable. (Garza, 2000)

2.1.2.1.6 La Disminución de la Esbeltez en columnas

La viga de cimentación desempeña una función estructural esencial al ser diseñada y construida a una altura estratégica en relación con la parte superior de las zapatas que conecta. Esta configuración permite que la viga, al interceptar las columnas inferiores a lo largo de su longitud, proporcione un efecto de arriostamiento que reduce la esbeltez de las columnas, mejorando así su capacidad para resistir cargas y evitando deformaciones excesivas. En términos generales, se recomienda que la viga de cimentación sea lo más superficial posible. Esta disposición presenta múltiples ventajas: en primer lugar, reduce la profundidad de la excavación requerida, lo que disminuye tanto los costos como el tiempo de obra. Además, una viga superficial contribuye a una mayor estabilidad lateral del suelo, ya que no se perturba significativamente la estructura natural del terreno circundante. Otra ventaja importante es la facilidad constructiva. Al estar ubicada de manera superficial, se simplifica la colocación del acero de refuerzo y el proceso de vaciado del hormigón, optimizando la ejecución de la obra. En este caso, el suelo mismo actúa como una formaleta natural, lo que representa un beneficio económico considerable, ya que se elimina la necesidad de utilizar encofrados adicionales. Este enfoque no solo mejora la eficiencia del proceso constructivo, sino que también garantiza un

diseño estructural seguro y económico, alineándose con las buenas prácticas de la ingeniería civil y las normativas técnicas aplicables.

2.1.2.1.7 El Aporte a la estabilización de zapatas Medianeras

En el caso de las zapatas medianeras, la inclusión de una viga de amarre es crucial, ya que no solo ayuda a mitigar los asentamientos diferenciales, sino que también fortalece considerablemente la estabilidad global de la estructura. Este efecto estabilizador se puede lograr de dos formas principales: en primer lugar, la viga puede funcionar como un componente tensor, resistiendo el momento volcador generado por la columna y transmitido a la zapata, lo que permite equilibrar las fuerzas y evitar movimientos indeseados en la base de la estructura. Además, la viga de amarre proporciona un refuerzo adicional al sistema de cimentación, distribuyendo las cargas de manera más uniforme y minimizando los riesgos de deformaciones estructurales a largo plazo. Con este enfoque, se optimiza la durabilidad y seguridad de la edificación, garantizando un mejor comportamiento bajo diferentes condiciones de carga y terreno. En segundo lugar, la viga puede funcionar como un elemento de contrapeso, gracias a su peso y rigidez, generando un efecto de palanca que incrementa la resistencia de la zapata frente a movimientos de volteo o desestabilización. Este doble mecanismo de acción convierte a la viga de amarre en un componente esencial para garantizar el desempeño estructural, especialmente en terrenos con características desafiantes o en edificaciones que requieren mayor seguridad frente a fuerzas externas. Su correcto diseño e implementación no solo mejoran la funcionalidad de la cimentación, sino que también optimizan la durabilidad y la capacidad de la estructura para soportar condiciones adversas.

2.1.2.2 Vigas Conectadas

Está ubicado, generalmente por encima de la zapata, es menor rígida por lo tanto su sección tiene dimensiones más pequeñas requiere menor cantidad de refuerzo, se usa en suelos

de baja capacidad portante, de esta manera toda la estructura se desplaza monolíticamente. Ayuda a controlar los asentamientos diferenciales equilibrando la mala distribución de esfuerzos. No absorben esfuerzos transmitidos de las columnas a las zapatas.

2.1.2.2.1 Características de vigas conectadas

- No absorbe cargas y momentos que transmiten las columnas.
- Las dimensiones de una viga de cimentación son más grandes en comparación con las dimensiones de este objeto.
- Los suelos con baja capacidad portante son aquellos en los que se emplean.
- Se busca equilibrar la mala distribución de esfuerzos en las zapatas perimetrales.
- Generalmente la altura es igual al de la zapata.
- Espaciamiento de estribos uniformes.
- Se usa en edificaciones de pocos pisos.

III. METODO

3.1 Tipos de investigación

La investigación se enfoca en el análisis de elementos que pueden ser representados de manera numérica y medidos con exactitud. Este enfoque cuantitativo permitirá desarrollar el estudio utilizando datos objetivos y métricas precisas, lo que garantiza un análisis estructurado y respaldado por evidencia confiable. Al centrarse en parámetros cuantificables, se facilita la interpretación de los resultados y la toma de decisiones basadas en datos, lo que conduce a conclusiones claras y fiables que pueden orientar el diseño y la implementación de soluciones estructurales más eficientes. Este tipo de enfoque es esencial para asegurar la objetividad y validez de las conclusiones obtenidas, contribuyendo al desarrollo de enfoques innovadores y bien fundamentados en la ingeniería estructural. Además, garantiza que las decisiones sean tomadas con base en evidencias sólidas, optimizando los recursos y mejorando la efectividad de las intervenciones diseñadas. En relación a este tema Monje (2011), menciona que esta investigación está centrada en la cantidad, por lo que su principal método es la medición y el cálculo. Por lo general, su objetivo es cuantificar variables en relación a magnitudes. Hernández y Sampieri (2018) Cabe destacar que el enfoque cuantitativo se fundamenta en un esquema deductivo y lógico, cuyo objetivo principal es plantear preguntas e hipótesis de investigación para luego someterlas a prueba a través de análisis estadísticos rigurosos. Este enfoque, de carácter reduccionista, se centra en descomponer los fenómenos en variables medibles, con el propósito de identificar patrones y relaciones que permitan generalizar los resultados obtenidos a contextos más amplios, aportando conclusiones objetivas y replicables.

3.2 Ámbito temporal y espacial

El estudio fue llevado a cabo en el distrito de Villa Rica, perteneciente a la provincia de Oxapampa, en el departamento de Pasco, durante el mes de enero de 2024. Este periodo fue clave para la ejecución de diversos ensayos geotécnicos, particularmente pruebas de corte directo, que permitieron evaluar las propiedades mecánicas del suelo con gran precisión. Los

ensayos se realizaron en las instalaciones del laboratorio A & A Terra Lab SAC, ubicado en el Sector 2, Grupo 2, Manzana "F", Lote 8, en el distrito de Villa El Salvador, Lima. La selección de este laboratorio especializado fue esencial para garantizar la calidad y la precisión de los resultados, ya que cuenta con equipos avanzados y personal técnico altamente capacitado. Durante el análisis, se prestó especial atención a variables críticas como el ángulo de fricción, la cohesión y el comportamiento del suelo bajo condiciones de esfuerzo controladas, proporcionando datos fundamentales para el diseño de las cimentaciones en futuros proyectos en la región. Además, el contexto geográfico de Villa Rica, caracterizado por terrenos de características heterogéneas y un clima húmedo, añadió un nivel de complejidad al estudio, subrayando la importancia de realizar análisis detallados que permitan identificar posibles riesgos asociados al comportamiento del suelo. Estos resultados no solo contribuyen al diseño seguro y eficiente de estructuras en la zona, sino que también sientan las bases para futuros estudios geotécnicos en regiones con condiciones similares. Estos ensayos fueron esenciales para obtener datos precisos sobre las propiedades del suelo y para asegurar que las conclusiones del estudio sean representativas de las condiciones del terreno en la región. Estos ensayos fueron fundamentales para evaluar las propiedades mecánicas del suelo, tales como su resistencia al corte, compresión y comportamiento ante cargas dinámicas. Los datos obtenidos a partir de estos ensayos resultaron ser fundamentales para el diseño de las cimentaciones y la planificación de proyectos de construcción en la región. Gracias a los resultados, se pudo obtener una visión más detallada de las características del suelo local, lo que facilita la mejora y optimización del diseño estructural. Este análisis permite adaptar las construcciones a las condiciones geotécnicas específicas del área, lo que asegura que las edificaciones sean más estables y seguras frente a las particularidades del terreno. La información proporcionada por los ensayos de corte directo también contribuye a una comprensión más profunda del comportamiento del suelo bajo diferentes cargas, lo que es esencial para evaluar su capacidad

portante y su respuesta a posibles movimientos sísmicos o cambios en las condiciones ambientales. De esta manera, este análisis no solo mejora la fiabilidad de los proyectos de construcción, sino que también favorece un enfoque más preciso y eficiente en la utilización de materiales y recursos, optimizando los tiempos de ejecución y reduciendo posibles riesgos durante la vida útil de las estructuras.

3.3 Variables

3.3.1 Variables de estudio

Variable Independiente: Análisis de suelos arcillosos

Variable Dependiente: Diseño de cimentación utilizando vigas de cimentación y conectadas en el distrito de Villa Rica.

3.3.2 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Indicador	Método
Independiente	Análisis granulométrico	Tipo: Aplicada
Dependientes Nro. 1	Viga de Cimentación	
Dependientes Nro. 2	Vigas Conectadas	Enfoque: Cuantitativo
Dependientes Nro. 3	Por su forma de trabajo	
Dependientes Nro. 4	Relación entre sus dimensiones	
Dependientes Nro. 5	Norma E- 050 y E-020	
Dependientes Nro. 6	Dimensionamiento de viga	Tipo: Cuasi- Experimental
Dependientes Nro. 7	Dimensionamiento de zapata	

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Población y muestra

Hernández et al. (2016), se considera población a todo un grupo de personas con las mismas características y especies en un mismo lugar específico. Cabe señalar que la población debe estar disponible para ser incluida en la muestra a analizar.

Por ende, la población está acordada por el distrito de Villa Rica, en el Jr. Westreicher N° 180-200, que consta del estudio de 2 viviendas unifamiliares para el diseño de 4-5 niveles.

3.5 Instrumentos

3.5.1 Instrumentos metodológicos o de recolección de datos

Técnica de recolección de datos

Para la obtención de los datos requeridos en los estudios realizados, se utilizaron los Estándares Mínimos de Seguridad (EMS) establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) E.050. Estas directrices sirvieron como base para garantizar que la recopilación de información cumpliera con los criterios técnicos y normativos necesarios, proporcionando resultados que fueran tanto precisos como confiables. La aplicación de los EMS permitió establecer protocolos rigurosos en cada etapa del proceso, desde la ejecución de ensayos geotécnicos hasta la interpretación de los resultados. Estos estándares aseguran que las propiedades del suelo sean evaluadas bajo condiciones controladas y que las mediciones sean consistentes con las exigencias de seguridad estructural y funcionalidad. Además, el uso de estas normativas no solo contribuyó a la confiabilidad del análisis, sino que también facilitó la alineación del diseño estructural con las regulaciones vigentes, garantizando que la edificación resultante cumpliera con los niveles de seguridad y desempeño esperados. La implementación de estos estándares también permitió identificar de manera precisa las características del terreno, como su capacidad portante y comportamiento bajo carga, factores esenciales para el diseño óptimo de la cimentación y otros elementos estructurales. Gracias a la aplicación de

estos estándares, el estudio se desarrolló dentro de un marco técnico y legal adecuado, lo que permitió que las decisiones tomadas en el proceso de diseño estuvieran basadas en información sólida y verificable, fortaleciendo la seguridad y la eficiencia del proyecto. Además, estos lineamientos garantizan que la edificación cumpla con los requisitos de resistencia, estabilidad y durabilidad establecidos por las normativas vigentes. Este enfoque no solo asegura la calidad del diseño estructural, sino que también optimiza el rendimiento a largo plazo de la edificación, adaptándose a las exigencias del entorno y minimizando riesgos asociados a fallos estructurales. La adherencia a estos estándares refuerza la confiabilidad y viabilidad del proyecto, contribuyendo a su éxito en todas las fases de ejecución y operación.

Formato de Laboratorio

Para la recopilación de los datos requeridos para el estudio, se emplearon formatos estandarizados proporcionados por el laboratorio de suelos, los cuales garantizaron una documentación precisa y sistemática de los resultados obtenidos durante los ensayos. Entre los formatos utilizados se incluyeron aquellos específicos para el ensayo de corte directo, que permitió analizar las propiedades de resistencia al esfuerzo cortante del suelo, y el formato correspondiente al ensayo empírico de la barra, diseñado para evaluar características particulares del terreno de forma práctica y eficiente. Estos formatos estandarizados facilitaron la organización y registro de los datos, asegurando que cada medición se realizara de acuerdo con los protocolos establecidos. Además, permitieron comparar los resultados obtenidos con parámetros de referencia y normativas técnicas, asegurando que las propiedades mecánicas del suelo fueran evaluadas bajo estándares uniformes y confiables. El uso de estos documentos también proporcionó una base sólida para el análisis posterior, permitiendo correlacionar resultados de diferentes ensayos y obtener una comprensión más integral del comportamiento del terreno. Adicionalmente, su implementación contribuyó a la trazabilidad de los datos, posibilitando auditorías o revisiones futuras con mayor facilidad. Estos instrumentos facilitaron

un registro detallado y organizado de las mediciones y observaciones a lo largo del proceso, lo que garantizó la consistencia y fiabilidad de los datos obtenidos. Este enfoque meticuloso permitió que los resultados fueran válidos y adecuados para el análisis y diseño de la estructura, asegurando que las decisiones basadas en estos datos sean precisas y respaldadas por información sólida. Gracias a estos formatos, se logró una documentación ordenada y detallada, lo que fue crucial para realizar un análisis adecuado y obtener resultados confiables que respaldan las conclusiones del estudio. Además, el uso de estos formatos asegura que todos los procedimientos se hayan llevado a cabo de acuerdo con los estándares establecidos, proporcionando una base sólida para futuras aplicaciones en proyectos de ingeniería.

Obtención de datos del laboratorio

Después de recolectar los datos necesarios, se procederá a ingresarlos en los softwares de análisis estructural SAFE 2016 (versión 16.0.2) y ETABS 2016 (versión 16.2.1). Esto permitirá ajustar el modelo estructural a las condiciones específicas del proyecto, considerando tanto las propiedades del suelo como los parámetros de diseño requeridos. Este proceso asegurará un análisis detallado y preciso, optimizando el diseño estructural y garantizando que cumpla con las normativas y condiciones del entorno. Durante este proceso, se tomarán en cuenta las características iniciales del diseño y se desarrollará el modelado de diversas alternativas de cimentación para la edificación. Cada opción será analizada minuciosamente, considerando sus dimensiones, propiedades estructurales y viabilidad técnica. Posteriormente, se evaluarán los diferentes diseños propuestos, priorizando aquel que ofrezca el mejor equilibrio entre costo y eficiencia estructural. Además de asegurar un adecuado comportamiento frente a las cargas previstas, el diseño seleccionado deberá adaptarse a las características del terreno y cumplir con las normativas vigentes. Finalmente, se elegirá la solución más económica y adecuada, garantizando un desempeño estructural seguro y

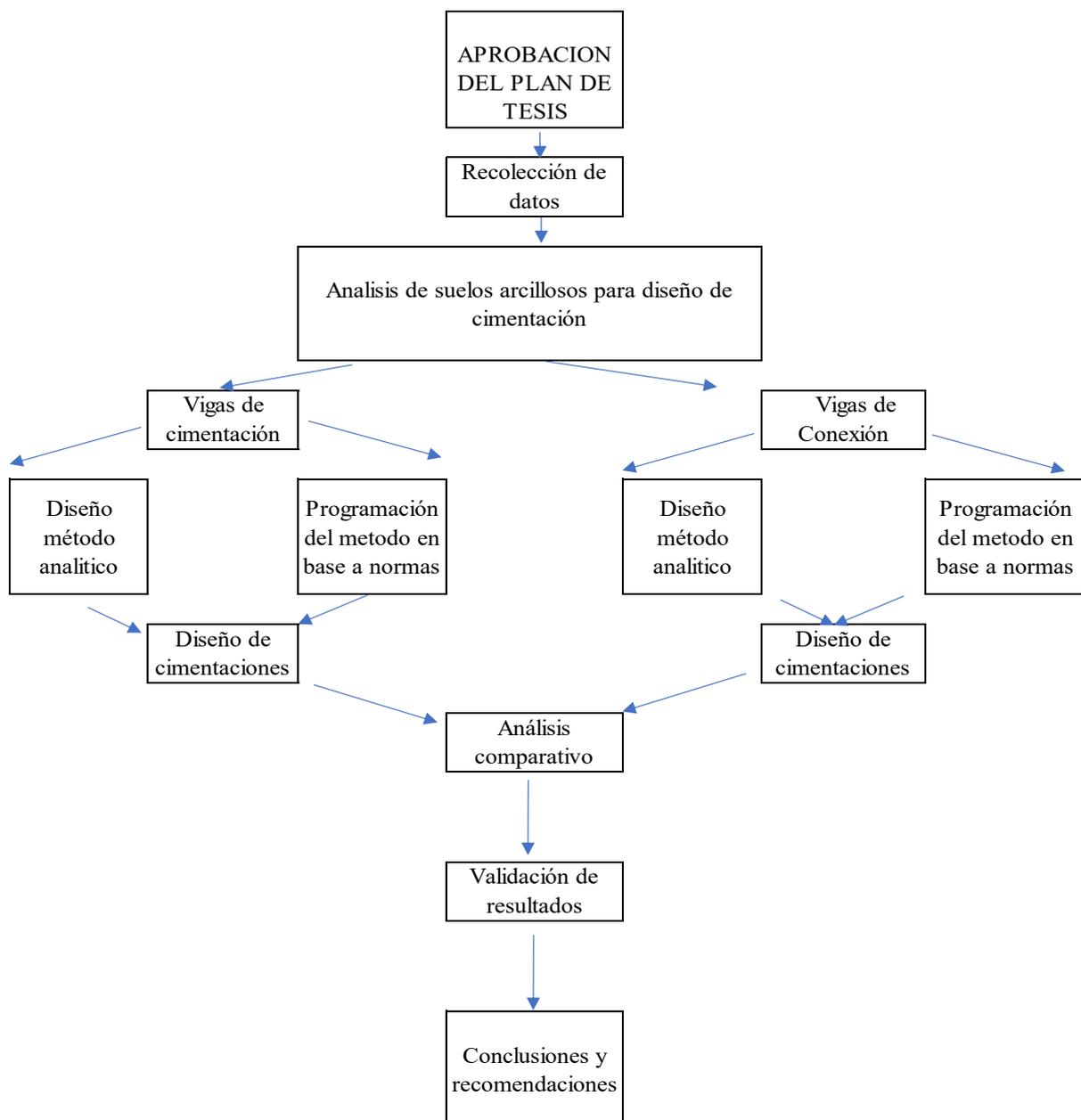
optimizando los recursos disponibles para las viviendas unifamiliares en las distintas situaciones hipotéticas planteadas.

3.6 Procedimientos

El procedimiento para el desarrollo donde mostramos en el diagrama de flujo a continuación.

Figura 9

Diagrama de flujo de trabajo de Tesis



Nota: El presente diagrama muestra de manera secuencial y estructurada las etapas principales del desarrollo de la tesis, desde la formulación del problema hasta la sustentación final. Cada fase está representada por bloques interconectados que indican el flujo lógico del proceso, permitiendo visualizar claramente las actividades clave, los responsables y las decisiones que deben tomarse en cada momento. Este esquema facilita la planificación, el seguimiento y el control del avance del trabajo de investigación, garantizando una gestión eficiente del tiempo y los recursos disponibles.

3.6.1. Ubicación

Las viviendas unifamiliares se encuentran en Jr. Westreicher N°180-200 del distrito de Villa Rica, ubicado en la provincia de Oxapampa en el departamento de Pasco.

Figura 10

Distrito de Villa Rica



Fuente: Google maps.

3.6.2 Perfil estratigráfico

En este estudio, se implementó la técnica de excavación de tres calicatas con el fin de evaluar detalladamente las condiciones del terreno en el que se proyecta la construcción de un edificio de cuatro pisos. Este método permitió obtener datos esenciales para analizar el comportamiento sísmico de la edificación, cuya cimentación estaría asentada sobre un estrato

de arcilla. El objetivo principal fue comprender las características del suelo y su capacidad para soportar las cargas estructurales, considerando además los efectos potenciales de los movimientos sísmicos. Durante el proceso de excavación, se recopilaron datos clave sobre las propiedades físicas y mecánicas del terreno, como la cohesión, el ángulo de fricción interna, la densidad y la capacidad portante. Estos parámetros son fundamentales para identificar cómo el suelo responde a las cargas estáticas y dinámicas, así como para evaluar su susceptibilidad a fenómenos como asentamientos diferenciales o licuefacción en caso de sismos. El análisis detallado de la información obtenida permitió establecer un diseño estructural que no solo cumple con los estándares de seguridad requeridos, sino que también garantiza la eficiencia del sistema de cimentación. Este diseño incorpora medidas específicas para mitigar los riesgos asociados con la interacción suelo-estructura en terrenos arcillosos, asegurando que la edificación sea capaz de resistir de manera estable y segura las fuerzas inducidas por eventos sísmicos.

La medida de la profundidad es de 3.00 metros, el ancho es de 1.00 metro y el largo es de 1.50 metros.

3.7 Análisis de datos

Para definir la hipótesis de investigación, Sánchez, Reyes y Mejía (2018) al respecto plantean que consiste en estructurar la recolección de información para que pueda ser procesada e interpretada detalladamente, pudiendo este análisis ser cuantitativo y/o cualitativo.

El procedimiento se lleva a cabo de la siguiente manera:

- Determinar el sitio donde se va a estudiar.
- Llevar a cabo una inspección visual.
- Analizar los suelos arcillosos
- Determinar el uso de adecuado de viga de cimentación y conectadas

3.7.1. Formato de Laboratorio

Para la recopilación de los datos necesarios en este estudio, se utilizaron los formatos proporcionados por el laboratorio de suelos, los cuales desempeñaron un papel esencial en el proceso. Entre estos formatos, se incluyeron aquellos destinados a registrar los resultados de ensayos clave, como el ensayo de corte directo y el ensayo empírico de la barra, entre otros. Estos instrumentos de recolección permitieron llevar un registro ordenado, sistemático y preciso de las mediciones y observaciones realizadas durante los ensayos, asegurando que la información obtenida fuera confiable y adecuada para el análisis detallado del comportamiento del suelo en el contexto específico del proyecto. La utilización de estos formatos estandarizados fue esencial para asegurar la calidad y precisión de los datos recopilados, un aspecto crítico para tomar decisiones fundamentadas y respaldadas por evidencia técnica. Esta metodología estructurada permitió que cada etapa del proceso de recolección de datos se desarrollara de manera ordenada y consistente, contribuyendo significativamente a la confiabilidad de la información obtenida. Además, la implementación de estos formatos no solo reforzó la validez de los resultados, sino que también facilitó la organización y sistematización de los datos, lo que a su vez permitió llevar a cabo un análisis técnico más detallado y exhaustivo de las propiedades mecánicas y físicas del suelo. Este enfoque metódico proporcionó una comprensión más clara y completa de las condiciones del terreno, elemento fundamental para el diseño de una cimentación que se ajuste perfectamente a las características específicas del lugar. Asimismo, al contar con datos de alta calidad, el proceso de diseño estructural se vio optimizado, permitiendo una mejor adaptación a las particularidades del terreno y reduciendo riesgos asociados a problemas geotécnicos. Esto resultó en un diseño más eficiente, seguro y alineado con los estándares de sostenibilidad y funcionalidad requeridos en proyectos modernos de construcción. En resumen, el uso de formatos estandarizados no solo mejoró la precisión y confiabilidad de los datos, sino que también fortaleció la base técnica del proyecto, garantizando que las decisiones tomadas durante el diseño y construcción estuvieran

fundamentadas en análisis rigurosos y adaptados a las condiciones específicas del terreno. Gracias a esta rigurosidad en el proceso de recolección de datos, se aseguraron las bases necesarias para el diseño de soluciones estructurales efectivas que puedan afrontar los desafíos geotécnicos del terreno y garantizar la seguridad y estabilidad de la edificación a largo plazo.

Procesamiento

- Corte Directo
- Materiales y Equipo.

Dispositivo de Corte: El objetivo principal de este dispositivo es garantizar que el espécimen se mantenga firmemente sujeto entre dos piedras, evitando la generación de torque en la muestra durante todo el proceso de ensayo. Además, debe estar diseñado para cumplir varias funciones esenciales: aplicar un esfuerzo normal uniforme en los lados del espécimen, medir con precisión las variaciones en su espesor, permitir el drenaje adecuado del agua a través de materiales porosos que faciliten la evacuación, y asegurar que el espécimen se mantenga completamente sumergido en agua, simulando de manera precisa las condiciones saturadas del suelo. Este diseño es crucial para replicar las condiciones del terreno de forma precisa, permitiendo que los ensayos reflejen de manera fidedigna el comportamiento del suelo bajo condiciones reales. La correcta implementación de estas funciones es esencial para obtener resultados confiables y válidos en el análisis geotécnico. Este diseño asegura la confiabilidad y exactitud de los resultados obtenidos. El dispositivo también debe estar diseñado para aplicar una fuerza tangencial controlada, permitiendo realizar cortes precisos en la muestra, ya sea mediante un único plano de corte o con cortes dobles paralelos a sus caras. Para asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados, los pórticos que sostienen el espécimen deben ser extremadamente rígidos, de modo que se eviten deformaciones que puedan alterar las condiciones de prueba o comprometer la estabilidad del ensayo. Además, es crucial que el diseño del dispositivo sea funcional y adaptable, facilitando su manipulación y ajuste para

realizar diversos tipos de ensayos geotécnicos. Esto incluye la capacidad de trabajar con diferentes tipos de muestras y bajo diversas condiciones experimentales, garantizando su versatilidad y efectividad en una amplia gama de aplicaciones técnicas.

Figura 11

Dispositivo de Corte



Fuente: Elaboración Propia.

Caja de Corte: El dispositivo puede estar construido con materiales como acero inoxidable, bronce o aluminio, y puede tener una forma circular o cuadrada, según las necesidades del ensayo. Este diseño incluye un mecanismo de drenaje tanto en la parte superior como en la inferior, lo que permite una adecuada evacuación del agua durante las pruebas. La estructura debe estar dividida de manera vertical mediante un plano horizontal que separe el dispositivo en dos mitades de igual espesor, aseguradas entre sí mediante tornillos que garantizan una alineación precisa. Estos tornillos no solo aseguran las mitades, sino que también permiten ajustar la separación entre la parte superior e inferior, proporcionando un control exacto del espacio según las especificaciones del espécimen. En términos generales, estas cajas suelen ser cuadradas o cilíndricas y están diseñadas para incorporar piedras porosas que faciliten el drenaje y mantengan las condiciones de la muestra durante el ensayo. Este diseño asegura

funcionalidad, durabilidad y precisión, aspectos fundamentales para obtener resultados confiables en estudios geotécnicos o de materiales.

Figura 12

Caja de Corte



Fuente: Elaboración propia

Piedras Porosas: Están fabricados con materiales de alta resistencia, como carburo de silicio, óxido de aluminio o metales especialmente diseñados para resistir la corrosión. Es crucial que estos materiales no se vean afectados por las sustancias presentes en el suelo ni por la humedad, lo que garantiza su durabilidad a lo largo del tiempo y su capacidad para mantener su funcionalidad en condiciones ambientales adversas. La elección de estos materiales asegura que los dispositivos de ensayo sean robustos y confiables, permitiendo obtener resultados consistentes y precisos sin que el desgaste o deterioro de los componentes afecte la calidad del análisis realizado.

Figura 13

Piedra Porosa



Fuente: Google Imágenes.

Dispositivos de cargas:

Dispositivo de Aplicación y Medición de la Fuerza Normal: La fuerza normal se aplica a través de un marco equipado con un contrapeso, diseñado para compensar el peso propio del marco. De este modo, únicamente se considera el peso adicional que se coloca en el sistema, garantizando que la fuerza aplicada sea precisa y acorde con los requerimientos del ensayo.

Dispositivo para Medir la Fuerza de Corte: Este dispositivo consiste en un anillo o celda de carga diseñado con una precisión del 1% de la fuerza de corte en condiciones de ruptura. Su función es garantizar una medición exacta y confiable de los esfuerzos aplicados durante el ensayo, lo que permite obtener datos altamente precisos sobre el comportamiento del material bajo carga. Gracias a su diseño especializado, se asegura que los resultados sean consistentes y representativos de las condiciones reales del material, lo que es crucial para el análisis detallado de su resistencia y capacidad para soportar tensiones. Este nivel de precisión es fundamental para tomar decisiones informadas en el diseño de estructuras y sistemas que dependen de la resistencia de los materiales probados.

Figura14

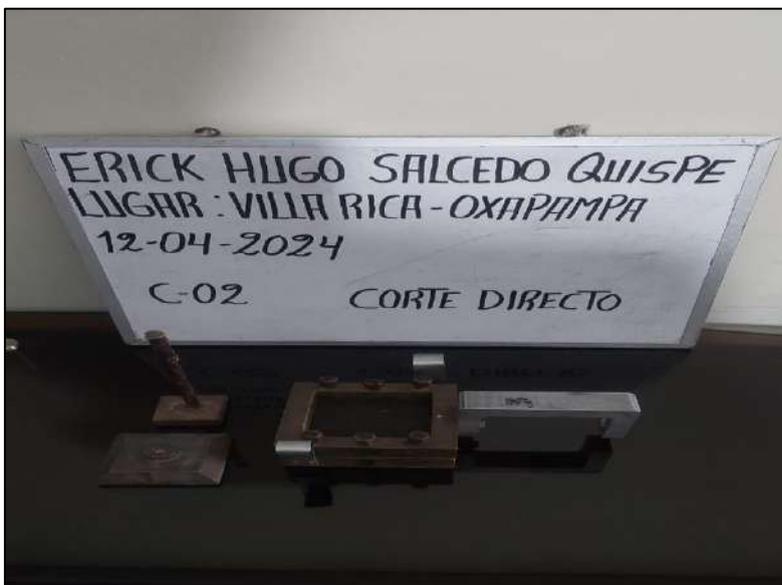
Dispositivo para medir fuerza de corte



Fuente: Google Imágenes.

Figura15

Base de la caja de corte



Fuente: Google Imágenes.

Anillo de corte o de tallado

Figura16

Anillo de Corte o de Tallado



Fuente: Google Imágenes.

Balanza

Figura 17

Balanza



Fuente: Google Imágenes

Compactador mecánico automático

Figura 18

Compactador mecánico automático



Fuente: Google Imágenes.

Equipos misceláneos

Figura19

Equipos misceláneos



Fuente: Google Imágenes.

Proceso

Preparación de la Muestra

❖ Se delimita el área a excavar en el terreno seleccionado, recomendándose un tamaño mínimo de 0.50 m de ancho por 1 m de largo. Esta dimensión garantiza un espacio suficiente para realizar las pruebas necesarias con precisión y obtener datos representativos del suelo.

❖ A continuación, se realiza la excavación utilizando pico y pala, asegurándose de alcanzar una profundidad mínima de 1.5 m desde el nivel del terreno natural. Esta profundidad permite obtener una muestra representativa del suelo para los ensayos requeridos, garantizando que las condiciones del material sean adecuadas para el análisis.

❖ Se posiciona cuidadosamente el molde metálico cilíndrico en el área excavada para extraer una muestra de suelo destinada al ensayo de corte directo. Este procedimiento asegura que la muestra se obtenga con la forma y tamaño adecuados, preservando sus características originales para un análisis preciso.

❖ Se aplica presión sobre el molde metálico dejando caer la comba por efecto de la gravedad, lo que permite que el molde penetre en el suelo y se obtenga una muestra representativa de manera uniforme y sin alteraciones significativas en su estructura.

❖ Se aplica una mezcla de yeso en la parte superior del molde con el objetivo de estabilizar la muestra y evitar que se altere o deforme durante su manipulación y transporte. Esta capa protectora garantiza que las condiciones originales del suelo se conserven intactas para los ensayos posteriores.

❖ El molde que contiene la muestra es retirado cuidadosamente del terreno, asegurándose de preservar la integridad de la muestra y evitar cualquier alteración que pueda comprometer los resultados de los ensayos posteriores.

❖ Se protege la parte inferior del molde envolviéndola con film plástico, de modo que la muestra de suelo quede completamente aislada y no se altere durante su manejo y transporte.

Esta medida es crucial para mantener las condiciones originales de la muestra y asegurar que los ensayos geotécnicos se realicen con precisión y fiabilidad.

❖ Una vez que la muestra llega al laboratorio, se procede a extraerla cuidadosamente del molde para evitar cualquier daño o alteración en su estructura. Este paso es esencial para preservar las propiedades originales del suelo, garantizando la precisión de los ensayos geotécnicos posteriores.

❖ La muestra obtenida se divide cuidadosamente en tres bloques iguales, asegurándose de preservar su integridad, para luego ser colocados en el anillo de corte. Este procedimiento garantiza que cada segmento sea representativo del material original y esté listo para someterse a las pruebas necesarias con precisión.

❖ Se nivelan cuidadosamente las superficies planas de la muestra dentro del anillo de corte, asegurando un ajuste adecuado. A continuación, se procede a pesar la muestra para registrar su masa con precisión, lo cual es esencial para el análisis posterior y la obtención de resultados confiables.

❖ La muestra se posiciona cuidadosamente en la caja de corte, asegurándose de que quede correctamente alineada para garantizar un ensayo preciso y consistente. Este paso es crucial para evaluar el comportamiento del suelo bajo condiciones controladas de esfuerzo.

❖ La caja de corte, que contiene la muestra, se coloca con cuidado en la máquina de corte directo, verificando que esté correctamente alineada y posicionada. Este paso es crucial, ya que garantiza que el ensayo se realice bajo condiciones controladas y precisas, permitiendo evaluar de manera adecuada las propiedades de resistencia al esfuerzo cortante del suelo. Una correcta disposición de la muestra en la máquina asegura que los resultados obtenidos sean confiables y representativos del comportamiento del suelo bajo cargas aplicadas.

❖ Al finalizar el ensayo de corte directo, se retira cuidadosamente la muestra de la máquina para inspeccionar el estado final del espécimen. Este análisis visual permite evaluar los efectos del esfuerzo aplicado y verificar cualquier alteración en la estructura del suelo.

3.7.2. Método empírico de la barra

- ✓ Barra de metal.
- ✓ Wincha de mano.
- ✓ Pico.
- ✓ Pala.
- ✓ Clavos.
- ✓ Pabilo.
- ✓ Corrector

Proceso

❖ Se delimita el área a excavar en el terreno seleccionado, recomendándose un tamaño mínimo de 0.50 m de ancho por 1 m de largo. Este trazado asegura que el espacio sea adecuado para realizar la extracción de la muestra de manera eficiente y precisa.

❖ A continuación, se lleva a cabo la excavación utilizando pico y pala, con el objetivo de alcanzar una profundidad mínima de 1.5 m desde el nivel del terreno natural. Esta profundidad es necesaria para obtener una muestra que sea representativa de las condiciones del suelo en las capas más profundas, asegurando que los ensayos realizados sean precisos y reflejen adecuadamente las características geotécnicas del terreno. Esta muestra será crucial para evaluar las propiedades del suelo, como su capacidad de carga y comportamiento bajo diferentes condiciones.

❖ A continuación, se mide 1 metro desde el fondo de la excavación hacia arriba y se tensa un hilo, fijándolo con clavos a ambos lados. Este procedimiento establece una referencia precisa y nivelada que servirá como guía para las etapas posteriores del trabajo. Al contar con

esta marca de referencia, se garantiza que todas las mediciones y procedimientos se realicen de manera coherente y alineada, asegurando la precisión en el proceso de muestreo y análisis del suelo.

❖ A continuación, la barra debe soltarse con la punta hacia abajo desde la altura determinada por el hilo tensado. Es recomendable que la barra utilizada no sea nueva, sino que tenga un desgaste previo en la punta, lo que se conoce como punta roma. Esto asegura que la prueba sea más representativa de las condiciones reales del terreno, ya que una punta desgastada simula mejor las interacciones que ocurren en el suelo durante el proceso de penetración, proporcionando resultados más consistentes y fiables en la evaluación de las propiedades del suelo.

❖ Después de que la barra penetra el suelo, se mide cuidadosamente la longitud de penetración, denominada “d”. Es fundamental que esta distancia se registre en centímetros (cm) para garantizar la precisión de los datos y su correcta interpretación en los análisis posteriores.

❖ Finalmente, se debe utilizar una de las fórmulas correspondientes para calcular la capacidad del suelo. La elección de la fórmula más adecuada dependerá de las características específicas del terreno, así como de los parámetros obtenidos durante la prueba, tales como la resistencia al corte y la fricción interna del suelo. Al seleccionar la fórmula correcta, se garantiza un análisis preciso y acorde con las condiciones particulares del terreno, lo que permite obtener estimaciones fiables sobre la capacidad portante del suelo y asegurar el diseño adecuado de la cimentación para la estructura en cuestión. Este proceso es esencial para asegurar la estabilidad y seguridad del proyecto de construcción.

Fórmula 01:

$$Q_{adm.} = \left(\frac{6}{10}\right) * \left(\frac{W * H}{\pi * D^2 * h}\right)$$

Fórmula 02:

$$q_{adm.} = \left(\frac{1}{h}\right) * 10$$

3.7.3. Criterio técnico para la evaluación de los cálculos de los suelos**3.7.3.1. Análisis de capacidad portante****Unidades geotécnicas**

En 1920, Prandtl consiguió obtener una solución estática y cinemáticamente admisible para el problema de una sobrecarga aplicada en una faja de anchura B y longitud infinita sobre un semiespacio indefinido constituido por un terreno cohesivo sin drenaje (es decir, en el que $\phi=0^\circ$), sin tensiones alrededor del cimiento y considerando que el terreno no tiene peso específico propio ($\gamma=0$). Esta publicación fue “*Über die Härte plastischer Körper*”, que se puede traducir como “*Sobre la dureza de un cuerpo plástico*”.

Figura 20

Esquema original de rotura de Prandtl (1920)

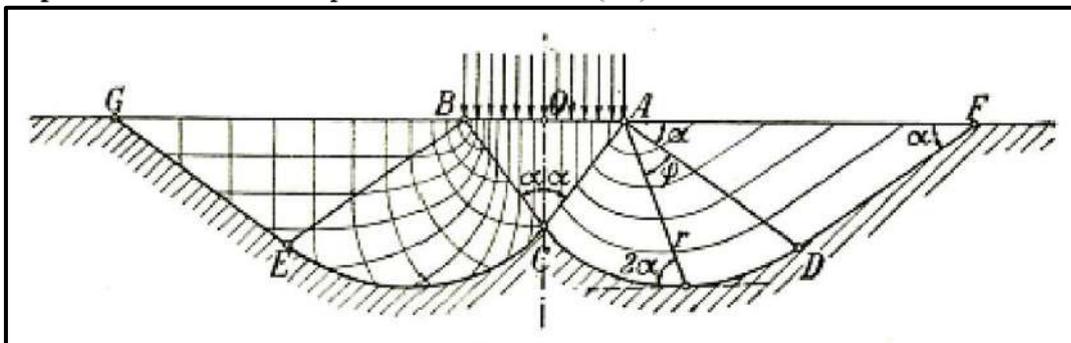
Donde:

W: Peso de la barra (kg)

H: Altura desde el suelo hasta la punta de la barra (cm)

D: Diámetro de la barra (cm)

h prom: Profundidad de la perforación en el suelo (cm)

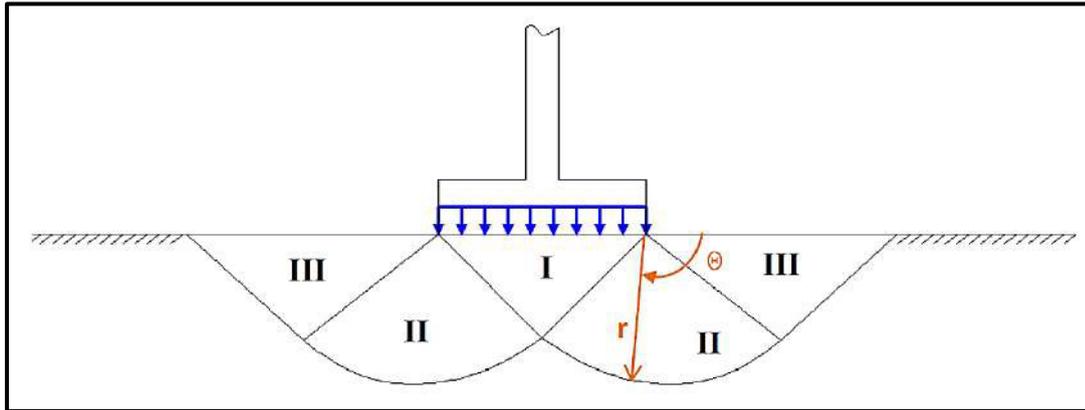


Fuente: Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones, Alva Hurtado J. (1992)

Así, Prandtl estableció que en el semiespacio continuo bajo la cimentación existirían tres zonas diferenciadas en cuanto al equilibrio de tensiones:

Figura 21

Superficies de rotura por hundimiento bajo una carga en faja según Prandtl



Fuente: Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones, Alva Hurtado J. (1992)

- **Región I:** se trata de una zona triangular (que en los modelos actuales se identifica como la “cuña activa” bajo la cimentación).
- **Región II:** es una zona de transición entre la región I (donde dominan las tensiones verticales) y la región III (donde lo hacen las horizontales), limitada en su zona inferior por una espiral logarítmica.
- **Región III:** se trata de una sección triangular en la que, al imponer la ausencia de presiones sobre la superficie, resulta que $s_x=2c$ y $s_y=txy=0$.

Posterior a ello, el profesor Terzaghi (1943) propuso una de las primeras ecuaciones de cálculo de la presión de hundimiento a partir de los cálculos de Prandtl (1921). Así, Terzaghi (1943) sería el primero en escribir la fórmula de la presión de hundimiento con la forma clásica:

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma$$

Dónde:

c = Cohesión del suelo;

γ = Peso específico del terreno;

q = Sobrecarga alrededor del cemento a su misma cota de apoyo;

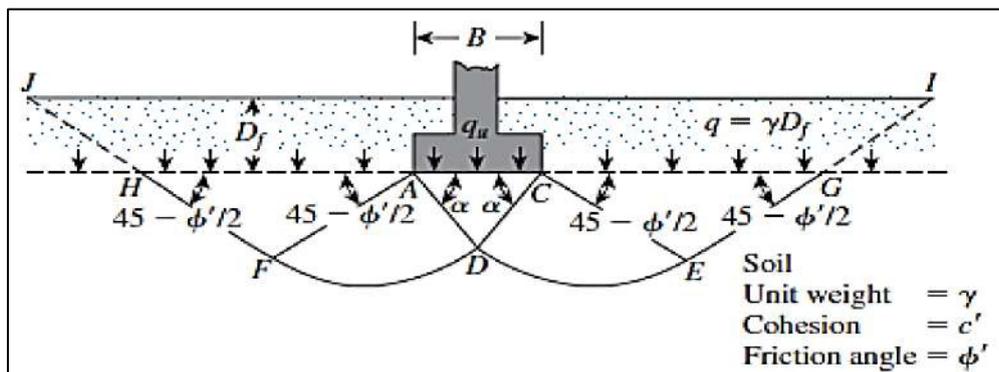
B = Anchura de la cimentación (o igual al diámetro de la cimentación);

N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga.

Sin embargo, para comprender la forma de obtención de los factores de carga, se puede revisar el método de Terzaghi, descrito por Das (2016), para una zapata continua (de longitud indefinida y anchura B) apoyada a una cierta profundidad D bajo la superficie de un terreno de parámetros característicos c' , ϕ' y γ (en este caso se utiliza la formulación explícitamente descrita en presiones efectivas):

Figura 22

Esquema del modelo de rotura de Terzaghi (Das, 2016)



Fuente: Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones, Alva Hurtado J. (1992)

Luego, tal y como indica Das (2016), Terzaghi propuso estas expresiones de la presión última para caso de rotura por corte local:

- **Cimentación en faja ($B/L=0$):**

$$q_u = c' N_c^* + q N_q^* + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma^*$$

- **Cimentación cuadrada ($B=L$):**

$$q_u = 1.3c^*N_c^* + qN_q^* + 0.3\gamma BN_\gamma^*$$

- **Cimentación circular de diámetro B:**

$$q_u = 1.3c^*N_c^* + qN_q^* + 0.4\gamma BN_\gamma^*$$

El valor modificado de c^* se obtendría mediante:

$$c^* = \frac{2}{3}c$$

Mientras que los factores de capacidad de carga modificados, N_c^* , N_q^* y N_γ^* , se calcularían para un valor de ϕ^* modificado:

$$\phi^* = \arctan\left(\frac{2}{3}\phi\right)$$

Finalmente, el libro de Meyerhof (1951) propuso algunas variaciones respecto a la ecuación de Terzaghi, que luego serían modificadas por Brinch Hansen (1970) para llegar al formato de fórmula polinómica que se suele utilizar hoy en día. Con el paso del tiempo, a partir de posteriores estudios experimentales o teóricos (Buisman, Caquot, etc.), se han ido modificando algunos coeficientes de esa formulación, conviviendo hoy en día muchas variantes de esta, incluidas en muchos libros especializados o normativas.

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Dónde:

q_u = Presión de hundimiento;

c = Cohesión;

γ = Peso específico del terreno (dependerá de la posición del nivel freático).

q = Sobrecarga alrededor del cimiento a su misma cota de apoyo

B = Anchura de la cimentación (o igual al diámetro de la cimentación).

N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga.

s_c, s_q, s_γ = Coeficientes de influencia de la forma de la cimentación.

d_c, d_q, d_γ = Coeficientes de influencia de profundidad de apoyo.

i_c, i_q, i_γ = Coeficientes de influencia de la inclinación de cargas.

g_c, g_q, g_γ = Coeficientes de influencia de taludes cercanos.

b_c, b_q, b_γ = Coeficientes de influencia de la inclinación del plano de apoyo.

Capacidad admisible de carga

Para calcular la capacidad portante del suelo en este estudio, se utilizó el método más comúnmente aplicado en la práctica actual: la teoría de Terzaghi. Este enfoque es ampliamente reconocido por su exactitud y fiabilidad, ya que permite estimar de manera precisa la capacidad del terreno para soportar las cargas estructurales. El método toma en cuenta diversos factores fundamentales, como el peso específico del suelo, su cohesión, el ángulo de fricción interna y otros parámetros geotécnicos cruciales. Esta integración de variables permite realizar una evaluación minuciosa de la resistencia del suelo, lo que es esencial para diseñar cimentaciones adecuadas que soporten de manera eficiente las cargas previstas. Al aplicar esta teoría, se garantiza la creación de un diseño más robusto y adaptado a las condiciones específicas del terreno, lo que mejora la estabilidad de las edificaciones. Además, proporciona una base sólida para la planificación y ejecución de proyectos de construcción, al asegurar que las cimentaciones sean capaces de resistir tanto las cargas gravitacionales como las dinámicas. Este método no solo optimiza la seguridad estructural, sino que también permite prever posibles problemas relacionados con el comportamiento del suelo, lo que es clave para la durabilidad y el éxito de la infraestructura a largo plazo.

Según la teoría de Terzaghi, las ecuaciones empleadas para calcular la capacidad portante del suelo varían dependiendo del tipo de falla que se pueda presentar, la cual está

influenciada por las características específicas del terreno y las condiciones de carga aplicadas. Las fallas pueden clasificarse en falla por corte por punzonamiento, falla local por corte o falla general por corte. En el contexto de este estudio, se identificó que el terreno experimentará una falla local por corte, lo que tiene un impacto directo en el análisis y diseño de la cimentación. Este tipo de falla debe ser cuidadosamente considerado, ya que influye en la manera en que las cargas son distribuidas y transmitidas al suelo. Al tener en cuenta este comportamiento, se asegura que las condiciones del suelo sean evaluadas de forma adecuada, lo que contribuye a garantizar la estabilidad y seguridad de la estructura a largo plazo. Ajustar el diseño de la cimentación para resistir este tipo de falla asegura que las cargas sean gestionadas de manera eficiente, minimizando los riesgos de deformaciones no deseadas en el suelo y proporcionando una mayor confiabilidad y durabilidad de la edificación. Este enfoque detallado permite una respuesta óptima frente a las tensiones y asegura la resistencia de la cimentación bajo condiciones adversas de carga.

Para este caso la capacidad portante se calcula con la siguiente ecuación:

$$q_u = 0.867c'^{N'_c} + qN'_q + 0.4\gamma BN'_\gamma$$

Dónde:

q_u = Presión última.

c = Cohesión.

γ = Peso unitario del suelo.

D_f = profundidad de la cimentación.

B = ancho efectivo de la cimentación.

N'_c , N'_q y N'_γ = factores de capacidad portante que dependen del ángulo de fricción interna del suelo (ϕ) y de la forma y la inclinación de la carga aplicada.

El cálculo de la capacidad admisible será necesario la aplicación de un factor de seguridad (FS=3) a la carga última calculada por los métodos antes presentados:

$$\frac{qu}{3} = Qadm$$

El factor de seguridad de la capacidad portante tiene como objetivo principal reducir las incertidumbres relacionadas con el comportamiento del suelo cuando se encuentra bajo carga. Este factor se determina tomando en cuenta varios aspectos, como el tipo de suelo, el método de exploración utilizado, la importancia o criticidad de la estructura, así como las posibles consecuencias derivadas de una falla. Al aplicar este factor, se establece un margen de seguridad adecuado que protege la integridad de la edificación, asegurando que la cimentación sea capaz de soportar las cargas previstas sin comprometer la estabilidad de la estructura. Además, el factor de seguridad ayuda a mitigar los riesgos asociados con posibles errores en las estimaciones de capacidad portante o variaciones inesperadas en las condiciones reales del terreno. Esto es esencial para garantizar un diseño confiable y seguro, incluso ante incertidumbres o cambios imprevistos en las propiedades del suelo durante la vida útil del edificio.

Los resultados del cálculo de la capacidad portante se muestran en la tabla N°10:

La Figura N°6 nos muestra los resultados de capacidad portante fueron obtenidos para profundidad de desplante de hasta 1.50m y medidas de zapatas B/L desde 1x1m hasta 2x2m y los resultados varían de 0.551 Kg/cm² hasta 1.047 Kg/cm² (ver anexos).

Capacidad admisible de carga

El asentamiento fue determinado considerando las estructuras identificadas durante la exploración del terreno. Este análisis se realizó siguiendo las propuestas planteadas por Terzaghi y Peck (1967). En particular, el asentamiento inmediato fue calculado utilizando el método elástico, el cual permite estimar las deformaciones iniciales del suelo bajo la acción de las cargas aplicadas, considerando las propiedades mecánicas del material y su

respuesta dentro del rango elástico. Este enfoque asegura un análisis fundamentado y acorde con principios geotécnicos clásicos.

Método elástico para el cálculo de asentamiento inmediato cimentación cuadrada

$$S_i = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} l_f$$

Dónde:

S_i = asentamiento inmediato (cm).

μ = relación de Poisson.

E_s = módulo de elasticidad (ton/m²).

l_f = factor de forma (cm/m).

q = presión de trabajo (ton/m²).

B = ancho de cimentación (m).

L = largo de cimentación (m)

3.7.3.2. Teoría de empuje de suelos

El empuje de suelos es un fenómeno fundamental en la ingeniería geotécnica que ha sido ampliamente estudiado a lo largo del tiempo. A partir de este interés, se han desarrollado diversas teorías y métodos que buscan entender y analizar su comportamiento, permitiendo diseñar estructuras capaces de resistir las fuerzas ejercidas por el suelo, como muros de contención, taludes y cimentaciones. Este conocimiento es crucial para asegurar la estabilidad y seguridad de las obras civiles. Una de las teorías más importantes y reconocidas en el ámbito de la ingeniería geotécnica es la teoría de Rankine, desarrollada por William John Macquorn Rankine en 1857. Esta teoría se fundamenta en la suposición de que el suelo carece de cohesión, lo que implica que no existe una adhesión interna significativa entre las partículas del suelo. Se supone, además, que la interfaz entre

el suelo y las estructuras verticales, como los muros de contención, es completamente perpendicular al terreno. Esta consideración simplifica el análisis al permitir la formulación de un modelo matemático que facilita el cálculo de las presiones ejercidas por el suelo sobre dichas estructuras. Este enfoque es de gran relevancia para el diseño de muros de contención y otras construcciones que deben soportar las fuerzas provenientes del terreno. Basándose en estas premisas, Rankine desarrolló ecuaciones matemáticas que permiten determinar los coeficientes de presión activa y pasiva del suelo. Dichos coeficientes son herramientas cruciales para analizar cómo las fuerzas del terreno afectan a las estructuras y constituyen un elemento clave en el diseño de muros de contención, estabilización de taludes y otras obras de ingeniería civil que requieren resistencia frente a las presiones del suelo. La teoría de Rankine proporciona una base para diseñar estructuras que interactúan con el suelo, ayudando a determinar las cargas que los muros de contención y otras estructuras pueden soportar sin fallar debido a deslizamientos o roturas. Al conocer los coeficientes de presión activa y pasiva, los ingenieros pueden dimensionar y reforzar adecuadamente las estructuras, asegurando su estabilidad frente a las fuerzas del suelo, como el empuje lateral, que varían con la humedad, la cohesión del suelo, y otros factores. Aunque esta teoría tiene limitaciones, especialmente en suposiciones sobre la cohesión del suelo y la fricción, sigue siendo un pilar fundamental para el diseño de obras de contención y la gestión de suelos en la ingeniería geotécnica.

Otra teoría importante es la teoría de Coulomb, basada en el modelo de Mohr-Coulomb. Esta teoría considera el rozamiento entre el muro y el suelo, y estima los empujes activos y pasivos del suelo.

Según Rankine (1857), la teoría de la presión de tierra de Rankine se basa en la investigación de las condiciones de esfuerzo en el suelo cuando este se encuentra en un estado de equilibrio plástico. Este enfoque permite comprender cómo se distribuyen las

tensiones en el terreno y cómo interactúan con estructuras de contención, proporcionando una base teórica sólida para calcular las presiones de tierra activa y pasiva. Esta teoría es ampliamente utilizada en la ingeniería geotécnica para el diseño y análisis de muros de contención y otras estructuras similares.

Tabla 2

Método Rankine – Empuje de tierras

Tipo de empuje	Condición necesaria	Estado tensional	Modelo utilizado del suelo	Condición del suelo	Empuje	Coefficiente de empuje de tierra k_0	Observación	Efecto de sobrecarga P_s
Reposo (P_o)	No hay deformación lateral	Alejado de la falla	Lineal	Equilibrio elástico	$P_o = k_0 \gamma z$	$k_0 = \frac{\nu}{1 - \nu}$	$\nu \in [0,05]$ $k_0 \in [0,1]$	
Activo (P_a)	Presenta deformación lateral	Falla	Plástico	ϕ c c, ϕ	$P_a = k_a \gamma z$ $P_a = \gamma z - 2c$ $P_a = k_a \gamma z - 2c \sqrt{k_a}$	$k_a = tg^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$		$P_s = k_a q$ $h_s = \frac{q}{\gamma}$
Pasivo (P_p)	Presenta deformación lateral	Falla	Plástico	ϕ c c, ϕ	$P_p = k_p \gamma z$ $P_p = \gamma z + 2c$ $P_p = k_p \gamma z + 2c \sqrt{k_p}$	$k_p = tg^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$	$P_p \approx 10 \cdot P_a$	$P_s = k_p q$ $h_s = \frac{q}{\gamma}$

Fuente: CE. 020 suelos y Taludes

Formulas empíricas: $k_0 = 1 - \text{sen}(\phi)$ $k_0 = \lambda + \alpha(OCR - 1)$

Donde: $\lambda = 0.54 + 0.0044(w_L - 20)$; $\lambda = 1$ si $w_L > 110\%$

$\alpha = 0.09 + 0.00111(w_L - 20)$; $\alpha = 0.19$ si $w_L > 110\%$

$$OCR = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} = \frac{\text{tension de pre consolidacion}}{\text{tension de peso propio}}$$

Para: $\omega \neq 0, \beta \neq 0, \delta m \geq \beta$ en suelos $c, \phi, c - \phi$

$$k_a = \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}} \cdot \cos\beta$$

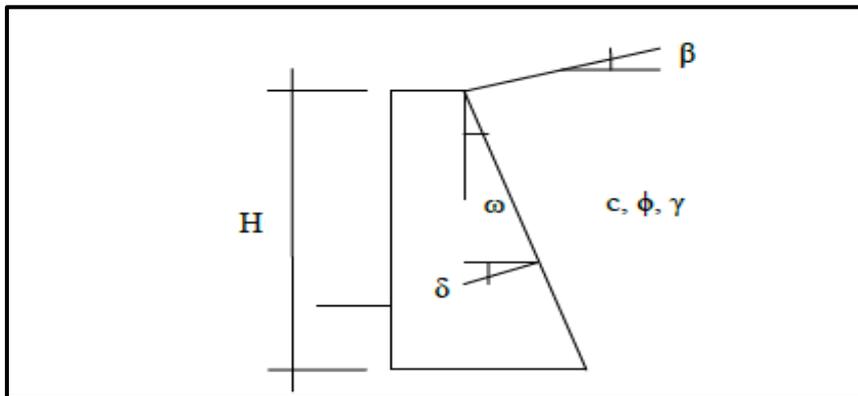
$$k_p = \frac{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}} \cdot \cos\beta$$

Método de altura equivalente

$$h_s = \frac{q \cdot \cos\omega \cdot \cos\beta}{\gamma \cdot \cos(\omega - \beta)}$$

Figura 23

Efectos de la sobrecarga.



Fuente: CE. 020 suelos y Taludes

Tabla 3

Método altura equivalente

Suelo	Ko
Arcilla Blanda	0.6-0.82
Arcilla dura	0.5-0.8
Grava, arena suelta	0.54
Grava, arena compacta	0.33

Fuente: CE. 020 suelos y taludes

3.8. Consideraciones éticas

En este aspecto, es importante considerar que las identidades de los profesionales que participan en el estudio serán reveladas únicamente con los datos necesarios requeridos.

En este estudio, se consideran aspectos éticos al momento de obtener información, respetando los derechos de autor mediante una citación adecuada y de acuerdo con los estándares de APA, definidos según el reglamento interno de la Universidad Nacional Federico

Villarreal. Como aspirantes a ingenieros civiles, para llevar a cabo la investigación, hemos tenido en cuenta las teorías relacionadas con el tema y también hemos considerado los antecedentes y las ideas del autor. Además, hemos redactado y seguido estrictamente los estándares de la séptima edición de la APA. y la veracidad que muestran nuestros resultados.

IV. RESULTADOS

4.1 Tema de investigación propuesta

El título de nuestra investigación es: Análisis de suelos arcillosos para el diseño de cimentación implementando el uso adecuado de vigas de cimentación y conexión en el distrito de Villa Rica.

4.2 Localización del proyecto

a) Ubicación:

Departamento : Pasco

Provincia : Oxapampa

Distrito : Villa Rica

Localidad : Villa Rica

Figura 24

Mapa de localización del distrito de Villa Rica



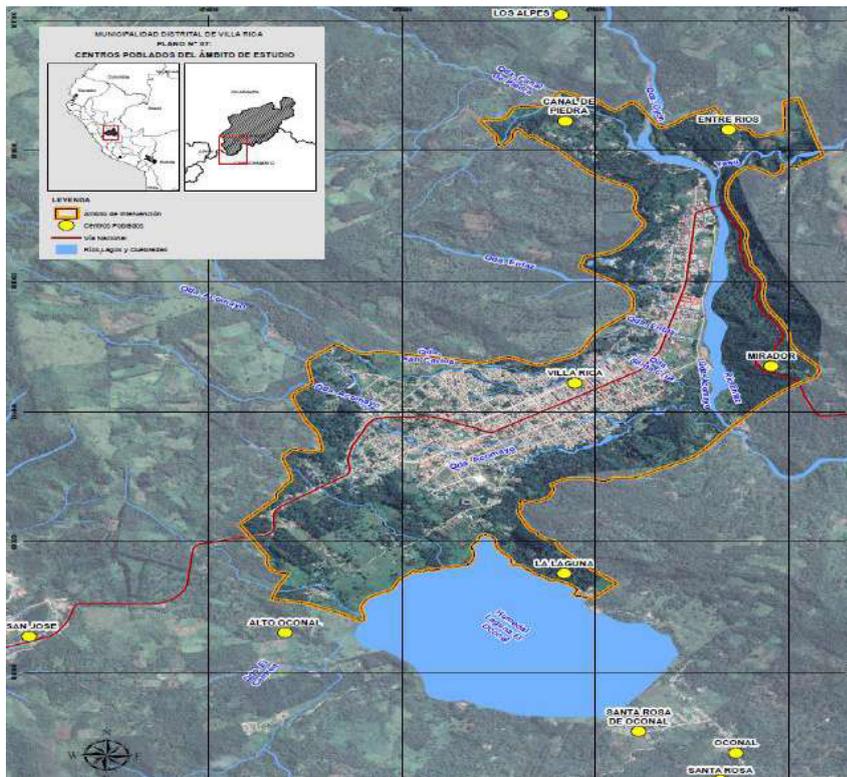
Fuente: Google Maps

4.3 Trabajo de obtención de datos

Proceso 1: Extrajimos del terreno insitu del lugar de trabajo localizado en la localización de Villa Rica, en la calle Jr. Westreicher N°180-200.

Figura 25

Plano del distrito de Villa Rica



Fuente: Google Maps

El diseño estructural convencional es un proceso metódico que se aplica a edificaciones o infraestructuras, iniciando con la planificación detallada de la estructura. Esta etapa incluye el metrado, el análisis de las cargas gravitacionales y la evaluación de las fuerzas sísmicas. A partir de esta información preliminar, se realiza el dimensionamiento de la cimentación, asegurándose de que las tensiones transmitidas al terreno sean compatibles con su capacidad portante admisible, garantizando así la estabilidad y seguridad del sistema estructural. Posteriormente, se realizaron comprobaciones detalladas de la cimentación, abarcando aspectos como el diseño frente a esfuerzos cortantes, punzonamiento y flexión. En este estudio,

se busca ir un paso más allá, enfocándonos en el análisis de suelos arcillosos como base para optimizar el diseño de cimentaciones. Este enfoque incluye la implementación de vigas de cimentación y conexión, diseñadas específicamente para adaptarse a las condiciones particulares del distrito de Villa Rica. El uso adecuado de estas vigas no solo contribuirá a mejorar la distribución de las cargas y minimizar los asentamientos diferenciales, sino que también garantizará una mayor estabilidad estructural y un desempeño eficiente frente a los desafíos que presentan los terrenos arcillosos. Este enfoque integrado busca combinar la teoría con soluciones prácticas que cumplan con las normativas vigentes y las necesidades específicas del proyecto.

Considerando lo anteriormente expuesto, y dado que el análisis estructural de la muestra se centró en dos edificaciones de 4 a 5 pisos, se realizó un diseño detallado de las cimentaciones. Este diseño se fundamentó en los resultados del análisis estructural y en las condiciones específicas del terreno, asegurando que tanto las cargas gravitacionales como las sísmicas fueran correctamente distribuidas y soportadas por la cimentación. Asimismo, se llevaron a cabo verificaciones importantes, como la capacidad portante del terreno, el comportamiento de los suelos arcillosos bajo carga y los asentamientos diferenciales. Para garantizar una mayor estabilidad estructural, se incorporaron en el diseño elementos esenciales como vigas de cimentación y de conexión, lo que permitió optimizar el desempeño de la edificación frente a las condiciones del terreno y las demandas estructurales. El enfoque utilizado busca no solo cumplir con los estándares normativos, sino también ofrecer soluciones que optimicen la seguridad y eficiencia de las edificaciones, considerando las particularidades de cada caso analizado.

Inspección estructural

I. Información Previa.

Se llevó a cabo una evaluación previa que incluyó los requerimientos, las limitaciones y los alcances del proyecto, teniendo lo siguiente:

Requerimientos:

- Elaborar un informe situacional de los tres edificios, el cual incluirá una ficha técnica detallada para cada uno y un reporte fotográfico que documente el estado actual de las estructuras. Este informe permitirá analizar y registrar de manera precisa las condiciones físicas y estructurales de los edificios evaluados.

- Llevar a cabo una inspección exhaustiva del estado actual de la estructura, que incluya la realización de ensayos específicos en los elementos estructurales y un análisis detallado de la mecánica de suelos. Este procedimiento permitirá determinar la capacidad de resistencia, la estabilidad de la edificación y las características del terreno que la sustenta. La información recopilada será fundamental para evaluar el desempeño estructural, identificar posibles deficiencias o riesgos, y diseñar estrategias adecuadas para intervenciones, refuerzos o mejoras necesarias en la edificación, garantizando así su seguridad y funcionalidad a largo plazo.

- Reforzar la estructura construida en la década de 1970, considerando que fue edificada sin cumplir con ninguna normativa de sismorresistencia. Este refuerzo tiene como objetivo garantizar la seguridad y estabilidad de la edificación frente a eventos sísmicos, adaptándola a los estándares actuales y minimizando los riesgos asociados a su diseño original.

Limitaciones:

- No se llevarán a cabo desarrollos de nuevos elementos estructurales, ya que no se trata de una edificación por autoconstrucción. Por esta razón, el trabajo se basará exclusivamente en los planos estructurales existentes, respetando el diseño original y adaptando las intervenciones necesarias a la documentación técnica disponible.

- Realizar una revisión exhaustiva del estado actual de las cimentaciones, teniendo en cuenta que el nivel freático es elevado. Se recomienda llevar a cabo un estudio detallado de

suelo-estructura para evaluar las condiciones del terreno y su interacción con las cimentaciones. Además, cabe señalar que no se ha logrado extraer muestras de núcleo diamantado en las cimentaciones, lo que refuerza la necesidad de un análisis integral para garantizar la estabilidad y seguridad de la estructura.

Alcances previo reforzamiento:

- Es necesario verificar que la tabiquería de todos los departamentos sea no portante, ya que se considerará en el modelo estructural como parte de un sistema aporticado. Esto se debe a la ausencia de elementos de confinamiento, lo que implica que los muros no deben ser tomados como elementos resistentes en el análisis estructural, garantizando que el modelo refleje con precisión el comportamiento real de la estructura.

- Es imprescindible elaborar nuevos planos de arquitectura, sanitarios y eléctricos que sean compatibles con el diseño de reforzamiento estructural. Estos planos garantizarán que las intervenciones necesarias se integren adecuadamente con los sistemas existentes, optimizando la funcionalidad de la edificación y cumpliendo con las normativas técnicas vigentes.

- Debido a la limitada accesibilidad para revisar las cimentaciones, es necesario consultar con un ingeniero geotécnico para evaluar el estado actual de las mismas. Esta consulta permitirá obtener una mejor comprensión del comportamiento del sistema de cimentación, que incluye zapatas, plateas y vigas de cimentación. Para proceder con el reforzamiento estructural, se trabajará bajo la hipótesis de que estas cimentaciones funcionan como apoyos rígidos, idealizando su comportamiento en el análisis. Esto proporcionará una base técnica para diseñar soluciones de refuerzo adecuadas y garantizar la estabilidad de la estructura.

Fichas técnicas: Se realizará mediante la normativa internacional FEMA P-154, teniendo en anexos la información previa de la estructura.

Inspección mediante reporte fotográfico: Se realizó el 23 de junio del 2023 a las 10 de la mañana la duración del reporte fotográfico fue de 2 horas, fue en el Jr. Westreicher N° 180-200, el estudio de 3 viviendas unifamiliares para el diseño de 4-5 niveles.

4.4 Toma de muestra para el método de corte Directo

4.4.1. Materiales, equipos y herramientas

- ✓ Pico
- ✓ Pala
- ✓ Recipiente metálico cilíndrico.
- ✓ Corrector.
- ✓ Yeso.
- ✓ Comba.

4.4.2. Proceso

Se trazó el área a excavar (se sugiere que lo mínimo sea de ancho 0.50m x 1m de largo) en el terreno que se eligió.

- Luego se procedió a realizar la excavación con la ayuda del pico y pala. La profundidad es de 1.5 m del nivel del terreno natural.

Figura 26

Excavación de calicatas



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 27:

Calicata N° 01



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 28

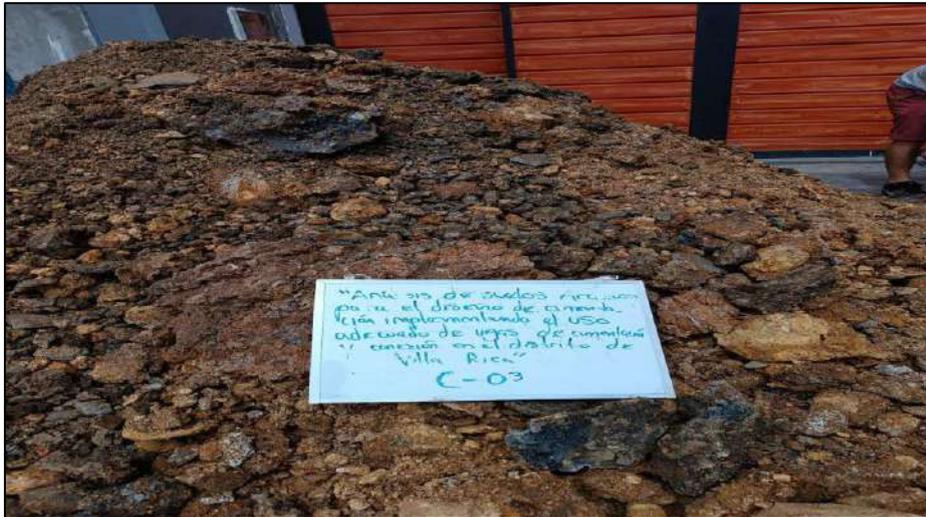
Calicata N° 02



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 29

Calicata N° 03



Fuente: Elaboración Propia.

- A continuación, se alisó cuidadosamente la superficie del fondo de la excavación para garantizar una base uniforme, y se colocó el molde metálico cilíndrico aplicando una presión moderada. Esto asegura que el molde quede bien posicionado y permite obtener una muestra representativa del suelo para el análisis posterior.

Figura 30

Excavación, profundidad de las calicatas en el distrito de Villa Rica



Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se procedió a dejar caer la comba, que actuaba como barra de carga, sobre el molde, colocando una pieza de madera entre ambos para evitar que el molde metálico cilíndrico se dañara durante el proceso. Este procedimiento se repitió varias veces hasta que el molde se introdujo aproximadamente a la mitad en el suelo, lo que garantizó una correcta extracción de la muestra sin afectar la integridad del equipo. Este método asegura que la muestra se extraiga de manera uniforme y controlada, manteniendo la precisión necesaria para el análisis posterior sin comprometer la calidad del material o del proceso de muestreo.

Se aplicó una capa de mezcla de yeso en la parte superior del molde y se esperó a que se secase completamente. Este procedimiento se realizó con el propósito de estabilizar la muestra y evitar cualquier movimiento o alteración al momento de retirar el molde del suelo.

Una vez que la mezcla de yeso se secó por completo, se procedió a retirar el molde. Antes de la extracción, se realizó una excavación cuidadosa alrededor de los lados del molde para facilitar el proceso y evitar dañar la muestra o el equipo.

Posteriormente, se protegió la parte inferior de la muestra envolviéndola con film plástico. Este paso es fundamental para preservar la integridad de la muestra y evitar cualquier alteración durante su manipulación y transporte.

Finalmente, se obtuvo la muestra preparada y protegida para su traslado al laboratorio, donde se llevarán a cabo los ensayos correspondientes para analizar sus propiedades y comportamiento bajo las condiciones requeridas.

Durante la excavación se observó una presencia constante de material arcilloso en los diferentes niveles del suelo. Debido a las características de este tipo de suelo, se realizó el ensayo NTP 339.139 para determinar la densidad en campo o el peso volumétrico del material. Adicionalmente, se recolectó una muestra intacta de 20 kg de cada excavación, realizada a una profundidad de 3 metros, con el propósito de llevar a cabo un estudio detallado de mecánica de

suelos en laboratorio. Este análisis permitirá comprender mejor las propiedades del suelo y su comportamiento bajo diferentes condiciones.

Por otro lado, se tomó una muestra intacta de 20 kg con una profundidad de 1.50 m (llamada Df o altura de desplante de la zapata) para llevar a cabo un ensayo de corte directo. El propósito del ensayo era obtener el ángulo de fricción (Φ) y la cohesión (c).

4.5 Ensayo de corte Directo

Una vez excavada la calicata y realizada la toma de muestra, se procedió a colocar el molde metálico cilíndrico en el lugar adecuado para extraer la muestra de suelo. Este paso es esencial para garantizar que la muestra se mantenga intacta y pueda ser utilizada para los análisis posteriores.

Luego, se aplicó presión sobre el molde dejando caer la comba por efecto de gravedad, lo que permitió que el molde penetrara en el suelo y se extrajera la muestra de manera uniforme y representativa. Este procedimiento es crucial para asegurar la precisión y calidad de la muestra obtenida.

Posteriormente, se colocó una capa de mezcla de yeso en la parte superior del molde para asegurar que la muestra se mantuviera estable y no se alterara durante su transporte al laboratorio. Esta protección es fundamental para preservar las condiciones originales de la muestra hasta su análisis.

A continuación, se procedió a retirar el molde con la muestra de manera cuidadosa, asegurándose de que se mantuviera intacta, para luego transportarla al laboratorio donde se realizarán los análisis necesarios.

Se colocó protección en la parte inferior del molde con film, para proteger la muestra y no llegue a alterarse.

- Se extrajo la muestra del molde una vez esté en el laboratorio.
- Se dividió la muestra obtenida en 3 bloques para ser colocada en el anillo de corte.

- Enrase de las superficies planas de la muestra en el anillo de corte y se lo pesa.
- Luego se procedió a colocar la muestra en la caja de corte.

Figura 31

Ensayo de corte Directo



Fuente: Elaboración Propia.

- Después colocamos la caja de corte en la máquina de corte directo.

Figura 32

Ensayo de Corte Directo



Nota: Una vez terminado el ensayo de corte directo se retiró la muestra para observar cómo quedó el espécimen.

4.6 Consideraciones para el Diseño de la Vivienda N° 01

La presente memoria de cálculo estructural forma parte integral del proyecto “VIVIENDA UNIFAMILIAR”. El proyecto consiste en el análisis sísmico y diseño estructural de una edificación de 5 niveles más azotea, ubicada en Jr. Westreicher S/N, en el distrito de Villa Rica, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco. Este análisis tiene como objetivo asegurar que la estructura cumpla con los requisitos de seguridad y estabilidad, tomando en cuenta las cargas sísmicas y las condiciones específicas del terreno en la zona.

Si bien la vivienda actualmente cuenta con 2 niveles + azotea. El presente diseño se realizará para una vivienda proyectada a 5 niveles + azotea.

Para el diseño correspondiente, es fundamental considerar las siguientes especificaciones técnicas del Estudio de Mecánica de Suelos, así como las recomendaciones establecidas en las normas E.020 y E.030. El Estudio de Mecánica de Suelos proporcionará información crucial sobre las propiedades del terreno, como su capacidad portante, la clasificación del suelo, y la respuesta a cargas sísmicas. Además, las normas E.020 y E.030 guiarán el diseño estructural y sismo-resistente, asegurando que la edificación cumpla con los requisitos de seguridad y estabilidad en base a las condiciones específicas del sitio y las cargas previstas, los cuales son:

Tabla 4

Cargas vivas

CARGAS VIVAS		
Reglamento	E-020	
Departamentos	200	kg/m ²
Corredores y escaleras	200	kg/m ²
Estacionamientos	250	kg/m ²

Cto. de bombas 1000 kg/m²

Fuente: Elaboración Propia.

4.7 Cálculos con los datos obtenidos en campo y laboratorio.

Datos obtenidos del laboratorio de Ensayos de Mecánica de Suelos de la C-3

Tabla 5

Factores de zona

DATOS DE LAB EMS	
Nc	17.05
Nq	7.02
Ny	3.25

Fuente: Elaboración Propia.

Factores de Principio de Ingeniería de cimentaciones. capacidad de carga modificados de

Terzagui (Braja M. Das)

φ	Nc'	Nq'	NY'	φ	Nc	Nq	NY
0	5.7	1	0	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31

15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

Fuente: Elaboración Propia.

$$\Delta_{\sigma} = \int_{y=0}^L \int_{x=0}^B \frac{3q_{\sigma}(dxdy)Z^3}{2\pi(X^2+Y^2+Z^2)^{5/2}} = q_{eI}$$

Tabla 6

Cálculo de esfuerzo de Boussines q.

P	150 Tn
x	0 m
y	0 m
z	3.2 m

Fuente: Elaboración Propia.

Esfuerzo Boussines q= 6.99 Tn/m²

$$q_{ult} = 1.3c'Nc + qNq + 0.40\gamma BN\gamma$$

Tabla 7

Cálculo de la capacidad portante

C'	0.05
Φ'	19.44
γ ₁	1.65

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 8*Parámetros del Suelo*

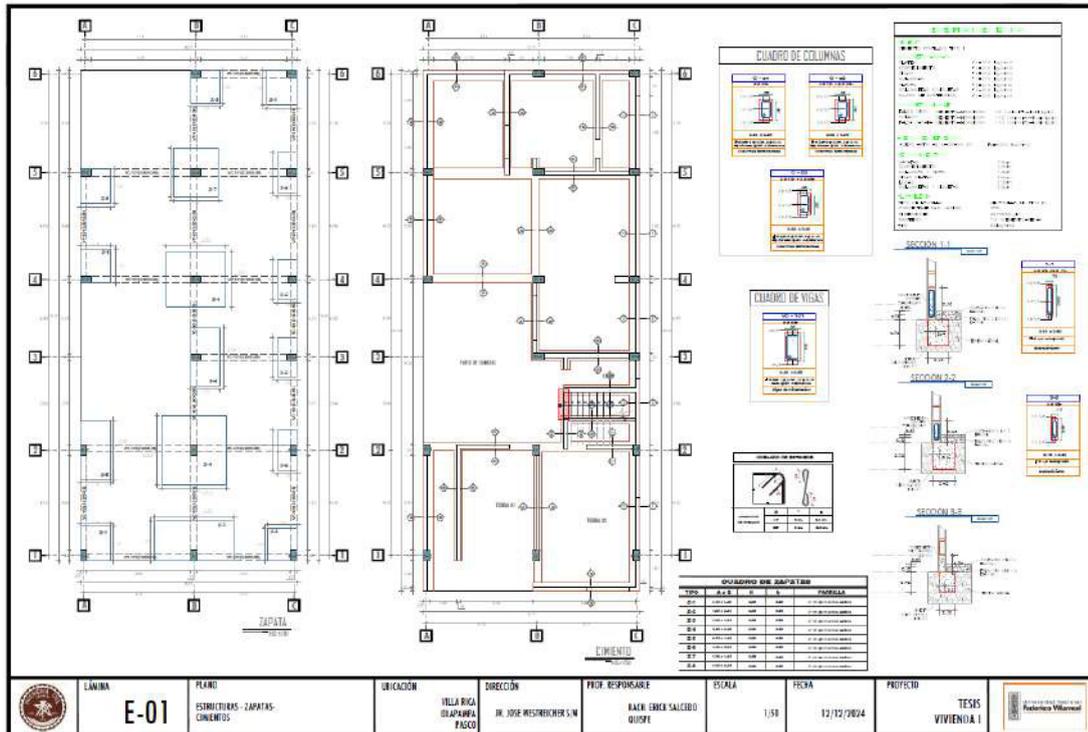
Capacidad admisible del suelo Qadm				
Df	Ancho	qult	qadm (kg/cm ²)	qadm (Tn/m ²)
0.70	2.00	2.29	0.76	7.64
0.80	2.00	2.39	0.80	7.97
1.00	2.00	2.59	0.86	8.64
1.20	2.00	2.79	0.93	9.30
1.40	2.00	2.99	1.00	9.97
1.60	2.00	3.19	1.06	10.64
1.80	2.00	3.39	1.13	11.30
2.00	2.00	3.59	1.20	11.97
2.20	2.00	3.79	1.26	12.64
2.40	2.00	3.99	1.33	13.31
2.60	2.00	4.19	1.40	13.97
2.80	2.00	4.39	1.46	14.64
3.00	2.00	4.59	1.53	15.31
3.20	2.00	4.79	1.60	15.97

Fuente: Elaboración Propia.

4.8 Memoria de cálculo estructural de la Vivienda N° 01 (05 pisos)

Figura 33

Plano de la vivienda N° 01



Fuente: Elaboración Propia

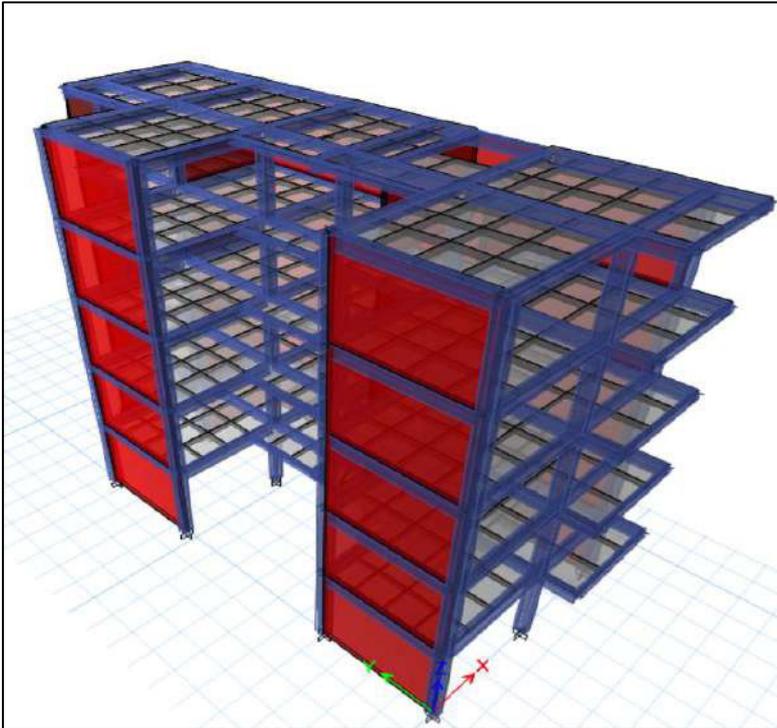
4.8.1. Cálculos con vigas conectadas en la vivienda 01

El diseño de la vivienda en mención utilizó 2 sistemas estructurales, para el eje X-X (el más corto) usó sistema aporticado, por otro lado, para el eje Y-Y (el más largo) se usó albañilería confinada.

4.8.2. Modelado en el ETABS

Figura 34:

Modelado en el ETABS de la vivienda N^a 01



Fuente: Modelo final del proyecto realizado en ETABS vivienda N° 01

4.8.2.1. Especificaciones de los materiales

A. Concreto

- Resistencia ($f'c$): 210Kg/cm² (Vigas y losas)
- Módulo de Elasticidad (E): 217370.65 Kg/cm²
- Resistencia ($f'c$): 280Kg/cm² (columnas)
- Módulo de Elasticidad (E): 250998.01 Kg/cm²
- Módulo de Poisson (ν): 0.20 (E-060)
- Peso Específico (γ): 2300.00 Kg/m³ (concreto simple)
: 2400.00 Kg/m³ (concreto armado)

B. Acero corrugado (ASTM A605)

- Resistencia a la fluencia (f_y) : 4,200 Kg/cm² (G° 60)
- Módulo de Elasticidad (E): 2'000,000 Kg/cm²

C. Ladrillo de arcilla

- Techos Aligerados: γ : 8.00 Kg/und

- Resistencia Ladrillo KK 18 = 65Kg/cm²
- Módulo de Elasticidad Ladrillo KK = 35000 Kg/cm²
- Albañilería: γ : 1350.00 kg/m³ (Albañilería inc. Tarrajeo)

D. Recubrimientos mínimos

- | | |
|---|---------|
| • Cimientos, zapatas, vigas de cimentación | 7.5 cm |
| • Columnas, Vigas, Placas, Muros (Cisternas, Tanques) | 4.00 cm |
| • Losas Aligeradas, Vigas chatas, Vigas de borde | 2.50cm |
| • Losas macizas, Escaleras | 2.50 cm |

4.8.2.2. Configuración del edificio

La estructura de la edificación se encuentra configurada como un sistema aporticado a lo largo del eje X-X, mientras que en el eje Y-Y adopta un diseño de albañilería confinada. Esta combinación de sistemas estructurales responde a las exigencias de funcionalidad y estabilidad, y está regulada por las normativas E.060 y E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Estas normas, específicamente orientadas al diseño y cálculo del concreto armado, establecen los criterios técnicos necesarios para garantizar que la edificación cuente con la seguridad, estabilidad y capacidad de resistencia adecuadas frente a las diversas cargas que pueda experimentar, incluidas las generadas por eventos sísmicos. Asimismo, estas normativas promueven la implementación de prácticas constructivas óptimas para minimizar riesgos, asegurando un desempeño estructural confiable bajo condiciones adversas y maximizando la vida útil de la construcción.

- Las losas aligeradas han sido diseñadas con un espesor de 20 cm, con el objetivo de optimizar el uso de materiales, reduciendo el peso propio de la estructura sin sacrificar la capacidad de resistencia requerida para soportar las cargas previstas. Este enfoque permite alcanzar un equilibrio entre eficiencia estructural y economía en el diseño, asegurando al mismo tiempo que las losas

cumplan con las normativas vigentes y proporcionen el desempeño adecuado bajo las condiciones de carga y uso esperadas. Además, este espesor ha sido seleccionado considerando la durabilidad, rigidez y control de deformaciones, garantizando la funcionalidad y la seguridad del sistema estructural en su conjunto.

- El concreto empleado en las estructuras presenta una resistencia de 210 kg/cm^2 , con la excepción de las columnas, las cuales han sido diseñadas con un concreto de mayor resistencia, alcanzando los 280 kg/cm^2 . Esta diferencia en las especificaciones responde a la necesidad de garantizar que las columnas, como elementos críticos del sistema estructural, puedan soportar cargas de compresión significativamente mayores. Al incrementar su resistencia, se mejora su capacidad para absorber y redistribuir las fuerzas verticales, así como para ofrecer mayor estabilidad y desempeño frente a acciones sísmicas y otras solicitaciones. Esta estrategia de diseño optimiza la seguridad global de la edificación, asegurando un comportamiento adecuado incluso bajo condiciones extremas.
- La configuración estructural se ha diseñado para cumplir con varios requisitos importantes. Se ha buscado una planta simple, lo que facilita la distribución de cargas y mejora la eficiencia del diseño.
- Además, se ha asegurado simetría en la distribución de masas y en la disposición de los muros, lo que contribuye a la estabilidad de la edificación. Esta simetría se compensa con la inclusión de pórticos, que aportan rigidez adicional a la estructura.
- Por último, se ha considerado fundamental mantener la regularidad tanto en planta como en elevación, evitando variaciones significativas en la rigidez, la

masa o discontinuidades que puedan afectar la transmisión de las fuerzas. Este enfoque asegura una distribución uniforme y eficiente de las fuerzas gravitacionales y horizontales a través de los elementos estructurales verticales, permitiendo que las cargas sean transferidas de manera adecuada hacia la cimentación. De esta forma, se minimizan los puntos críticos o zonas débiles que podrían comprometer la integridad y seguridad estructural de la edificación. Asimismo, se ha priorizado garantizar una rigidez similar en las dos direcciones principales del edificio. Este equilibrio estructural permite que la construcción responda de manera uniforme frente a las acciones externas, como cargas sísmicas o de viento, reduciendo deformaciones excesivas y mejorando su desempeño global bajo condiciones de carga multidireccional. Esto refuerza la estabilidad y funcionalidad del sistema, alineándose con las normativas y mejores prácticas de diseño estructural.

Evaluación de la configuración:

- Irregularidad de Rigidez – Piso Blando. No presenta.
- Irregularidad de Masa. No presenta.
- Irregularidad Geométrica Vertical. No presenta.
- Discontinuidad en el Sistema Resistente. No presenta.
- Irregularidad Torsional. Si presenta.
- Esquinas Entrantes. No presenta.
- Discontinuidad del Diafragma. No presenta.
- Sistema no paralelo. No presenta.
- La estructura clasifica como Regular.

4.8.2.3. Comparativa de dimensionamiento

4.8.2.3.1. Predimensionamiento losa aligerada

- Luz más desfavorable

$$L_{\text{mayor}} = 4.15\text{m}$$

- Espesor mínimo de losa

$$h = \frac{L_{\text{mayor}}}{25} = \frac{415\text{cm}}{25} = 16.6\text{cm}$$

espesor de losa de vivienda=20 cm, cumple

4.8.2.3.2. Predimensionamiento de vigas

Vigas principales

- Según normativa:

$$L_{\text{mayor}} = 4.05\text{m}$$

$$h = \frac{L_{\text{mayor}}}{12} = \frac{405\text{cm}}{12} = 33.75\text{cm}$$

$$b = \frac{h}{2} \geq 25\text{cm}$$

- Dimensión del proyecto

h= 40cm, CUMPLE

b= 25cm, CUMPLE

Vigas secundarias

- Según normativa

$$L_{\text{mayor}} = 4.05\text{m}$$

$$h = \frac{L_{\text{mayor}}}{12} = \frac{415\text{cm}}{12} = 34.58\text{cm}$$

$$b = \frac{h}{2} \geq 25\text{cm}$$

- Dimensión del proyecto

h= 20cm, **NO CUMPLE**

b= 40cm, **CUMPLE**

4.8.2.3.3. Predimensionamiento de columnas

Tabla 9:

Puntos de partida para las calicatas en estudio

CATERGORIA DE LA EDIFICACION	PESO DE SERVICIO (Kg/CM2)
A	1500
B	1250
C	1000

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10:

Criterios para predimensionamiento

ACI	
COLUMNAS CENTRALES	$A_{col} = \frac{P_{servicio}}{0.45 * f'c}$
COLUMNAS EXCENTRICAS ESQUINADAS	Y $A_{col} = \frac{P_{servicio}}{0.35 * f'c}$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11:

Áreas calculadas

AREAS TRIBUTARIAS MAYORES							
Tipo de columna	Área tributaria (m2)	# niveles	pserv (kg)	Ptotal (kg)	Área (cm2)	L (cm)	
Central	14.94	5	1000	74700	790.5	28	
Lateral	7.03	5	1000	35150	372	19	

Esquinera	6.73	5	1000	33650	356.1	19
-----------	------	---	------	-------	-------	----

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12

Verificación de las Dimensiones

Predimensionamiento		Proyecto		VERIFICACION
Área (cm ²)	L mayor	L menor	Área (cm ²)	
790.5	40	25	1000	CUMPLE
372	40	25	1000	CUMPLE
356.1	40	25	1000	CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

4.8.2.4. Estado de cargas

Conforme a lo establecido en las Normas RNE E.020 y E.060, se consideran los diversos estados de carga que afectan a la estructura, los cuales se describen a continuación. Estas cargas son fundamentales para el análisis estructural bajo condiciones de gravedad, ya que permiten evaluar el desempeño y la seguridad del diseño. Entre ellas se incluyen las cargas muertas, que corresponden al peso permanente de los elementos estructurales, como vigas, columnas, losas y acabados, y las cargas vivas, generadas por la ocupación, el uso cotidiano del edificio y otros factores variables, como el mobiliario o la presencia de personas. La correcta identificación y análisis de estas cargas son clave para garantizar la estabilidad y funcionalidad de la edificación en su vida útil, que deben ser evaluadas para garantizar la estabilidad y seguridad estructural frente a las fuerzas aplicadas:

- Albañilería : 1350 kg/m³
- Concreto : 2400 kg/m³

- Losa aligerada de 20cm : 300 kg/m²
- Piso acabado : 100 kg/m²
- s/c en azoteas :300 kg/cm².

Tabla 13*Cargas en losas*

Cargas vivas mínimas repartidas	
TIENDAS	5.0 (500)
Corredores y Escaleras	5.0 (500)
VIVIENDAS	2.0 (200)
Corredores y Escaleras	2.0 (200)

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

Tabla 14*Cargas en escaleras*

Carga muerta		Cargas vivas	
P. Propio	0.00 kg/m ²	Tiendas	5.0 (500)
P. Ladrillo	90.00 kg/m ²	Corredores y Escaleras	5.0 (500)
P. Terminado	100.00 kg/m ²	Viviendas	2.0 (200)
Total	190.00 kg/m ²	Corredores y Escaleras	2.0 (200)

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones.

4.8.2.5. Combinaciones de cargas

Las edificaciones se han analizado con las siguientes solicitaciones, según específica la norma E-060., considerando el ESPECTRO DE PSEUDO ACELERACIONES RNE E-030

- COMB1: 1.40CM + 1.70CV
- COMB2: 1.25CM + 1.25CV+1.0SISMOX
- COMB3: 1.25CM + 1.25CV-1.0SISMOX
- COMB4: 1.25CM + 1.25CV +1.0SISMOY
- COMB5: 1.25CM + 1.25CV -1.0SISMOY
- COMB6: 0.90CM + 1.0SISMOX
- COMB7: 0.90CM - 1.0SISMOX
- COMB8: 0.90CM +1.0SISMOY
- COMB9: 0.90CM -1.0SISMOY
- ENVOLVENTE: 1.0COMB1 + 1.0COMB2 +1.0COMB3 +1.0COMB4
+1.0COMB5 +1.0COMB6 +1.0COMB7+1.0COMB8+1.0COMB9.

4.8.2.6. Peso de la Estructura

Figura 35

Peso de la Estructura

General Data

Load Combination Name: PESO DE EDIFICACIÓN

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1
Live	0.25
CM	1

Add

Delete

Nota: Por ser predominantemente una estructura que servirá como Vivienda unifamiliar, se clasifica como clase C.

4.8.2.6.1. Peso de la edificación en el modelo en Etabs.

Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX tonf	FY tonf	FZ tonf
PESO DE EDIF...	Combination			0	0	776.017

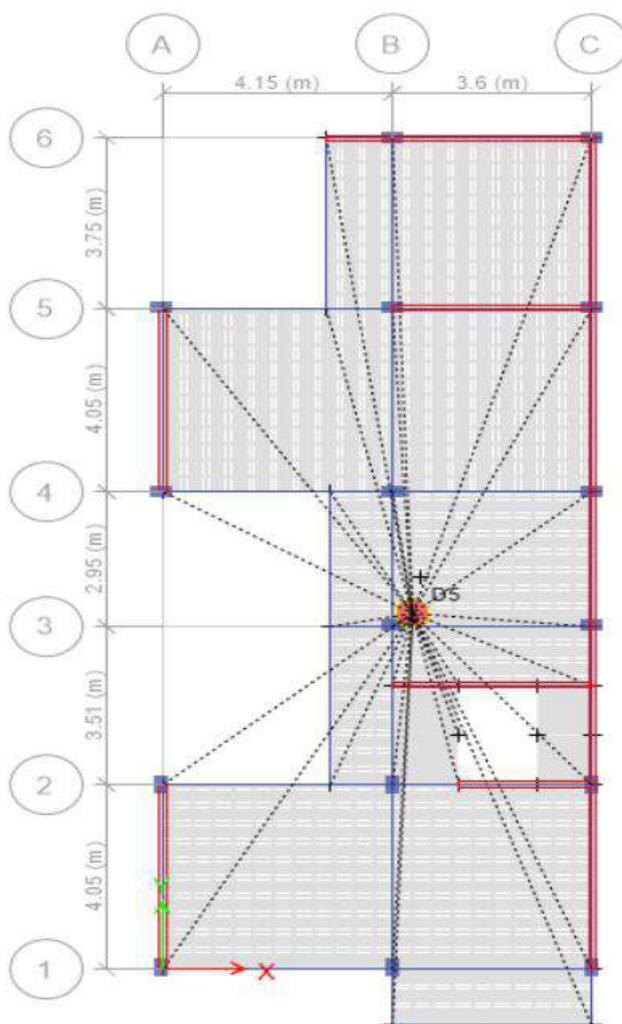
Fuente: Modelo de Etabs

4.8.2.7. Diafragmas rígidos

Se ha considerado toda la losa de cada entrepiso como diafragma rígido.

Figura 36

Diafragma rígido



Fuente: Modelo de Etabs.

4.8.2.8. Análisis sísmico

El análisis sísmico se llevó a cabo mediante un modelo matemático tridimensional que representa de manera precisa el comportamiento estructural. En este modelo, los elementos verticales están interconectados por medio de diafragmas horizontales, que se asumen como infinitamente rígidos en su propio plano. Esta simplificación permite una distribución uniforme de las fuerzas sísmicas entre los distintos elementos estructurales, asegurando un comportamiento adecuado frente a las solicitaciones laterales y garantizando la estabilidad global de la edificación bajo escenarios de carga sísmica. Este enfoque permite modelar con mayor precisión la interacción entre los diversos componentes estructurales durante un evento sísmico, proporcionando una representación más realista de la respuesta de la estructura ante las cargas dinámicas. Además, en el análisis estructural se consideró una excentricidad accidental equivalente al 5% de la dimensión total del edificio en la dirección perpendicular a la acción de la fuerza sísmica. Esta consideración adicional tiene como objetivo incluir posibles irregularidades en la distribución de masas o rigideces, mejorando la seguridad y confiabilidad del diseño frente a los efectos torsionales inducidos por movimientos sísmicos. Este ajuste resulta fundamental para capturar de manera precisa los efectos torsionales que pueden manifestarse en la estructura durante un evento sísmico, dado que los movimientos laterales rara vez son completamente simétricos. Las posibles irregularidades en la distribución de la masa o de la rigidez estructural pueden inducir giros adicionales, lo que aumenta las demandas sobre ciertos elementos de la edificación. Al incluir esta consideración, se alinean las prácticas de diseño con los estándares más avanzados de la ingeniería sísmica, asegurando que el comportamiento dinámico de la estructura sea evaluado de manera integral. Esto refuerza la capacidad de la edificación para resistir eficientemente las solicitaciones sísmicas, promoviendo la seguridad y la estabilidad global del sistema. A lo largo del proceso de análisis y diseño, se han aplicado los parámetros sísmicos definidos en la Norma de Diseño

Sismorresistente RNE-E.030. Estas normativas constituyen una guía fundamental para realizar una evaluación rigurosa de la respuesta sísmica de la estructura, asegurando un diseño que cumpla con los estándares de seguridad y eficiencia. En el análisis, no solo se consideran las fuerzas horizontales inducidas por los movimientos sísmicos, sino también los efectos derivados de la interacción suelo-estructura, así como la distribución adecuada de las cargas a lo largo de la edificación. Este enfoque integral garantiza que la estructura pueda responder de manera efectiva a las sollicitaciones dinámicas, promoviendo su estabilidad y resistencia frente a escenarios sísmicos adversos. El cumplimiento de estas normas asegura que el diseño estructural sea adecuado para resistir las cargas sísmicas de manera eficiente, promoviendo la seguridad y la estabilidad de la edificación durante eventos sísmicos de diferentes magnitudes. Además, este enfoque no solo se ajusta a los requisitos técnicos, sino que también se adapta a las condiciones específicas del terreno, garantizando un desempeño óptimo y protegiendo a los ocupantes y la integridad de la infraestructura. Este enfoque garantiza un diseño confiable y acorde a los estándares nacionales y considerados para el Análisis en el Edificio son los siguientes:

4.8.2.8.1. Análisis Dinámico

Para llevar a cabo el análisis dinámico de la estructura, se utiliza un espectro de respuesta establecido conforme a las disposiciones de la norma RNE E.030. Este espectro proporciona una herramienta fundamental para evaluar el comportamiento sísmico de la edificación, permitiendo analizar cómo responde la estructura a diferentes frecuencias de excitación sísmica. Además, se realiza una comparación entre la fuerza cortante mínima en la base de la estructura obtenida a través del análisis dinámico y los resultados derivados del análisis estático. Esta comparación asegura que el diseño cumpla con los requisitos normativos, verificando que las fuerzas sísmicas consideradas en el análisis sean suficientes para garantizar la seguridad y el desempeño adecuado de la edificación frente a eventos sísmicos. Este enfoque

se implementa para cada una de las direcciones principales de la edificación en planta (ejes X y Y), asegurando que se tenga en cuenta el efecto de las cargas sísmicas en ambas direcciones horizontales. La comparación de los resultados obtenidos del análisis estático y dinámico permite una evaluación más detallada y precisa del comportamiento estructural ante diversas condiciones sísmicas. Este procedimiento facilita los ajustes necesarios en el diseño, garantizando no solo la estabilidad global de la estructura, sino también su seguridad frente a movimientos telúricos. Asimismo, este análisis ayuda a identificar posibles puntos críticos o debilidades en la distribución de las cargas, permitiendo optimizar el diseño estructural y mejorar la capacidad de la edificación para resistir eficientemente las fuerzas sísmicas, reduciendo riesgos y asegurando su desempeño bajo escenarios adversos.

Se consideró un sistema estructural aporticado para el eje X y albañilería para el eje Y.

Figura 37

Valores para condiciones del eje X-X

Function Name	ESPECTRO YY
Parameters	
Seismic Zone	Zone 2
Occupation Category	C
Soil Type	S2
Irregularity Factor, I_a	0.75
Irregularity Factor, I_p	1
Basic Response Modification Factor, R_0	4

Fuente: Elaboración Propia.

Valores para condiciones del eje Y-Y

Figura 38

Valores para condiciones del eje Y-Y

Function Name	ESPECTRO XX
Parameters	
Seismic Zone	Zone 2
Occupation Category	C
Soil Type	S2
Irregularity Factor, I_a	0.75
Irregularity Factor, I_p	1
Basic Response Modification Factor, R_0	8

Fuente: Elaboración Propia

Figura 39

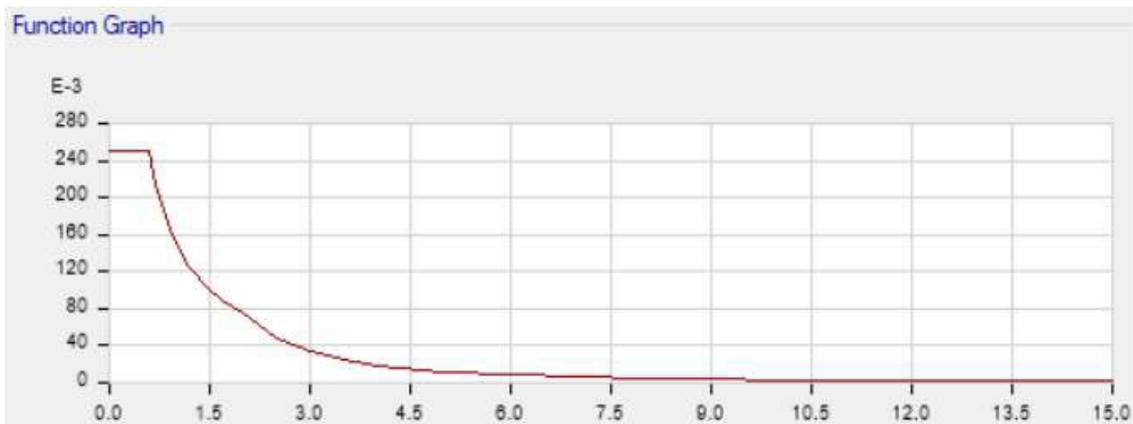
Espectro de pseudo aceleraciones X-X e Y-Y



Fuente: Modelo de Etabs.

Figura 40

Espectro de pseudo aceleraciones Y-Y



Fuente: Modelo de Etabs.

4.8.2.8.2. Análisis Estático

El cálculo del cortante estático se llevará a cabo utilizando los valores de los parámetros previamente definidos, incorporando el peso total de la estructura y el factor de ampliación dinámica. Este proceso incluirá la introducción de un coeficiente específico que ajustará la respuesta de la estructura ante las fuerzas sísmicas, conforme a las normativas aplicables. Al considerar tanto el peso de la estructura como los efectos dinámicos, este cálculo asegura que el diseño estructural sea capaz de resistir adecuadamente las cargas sísmicas, manteniendo la estabilidad y seguridad de la edificación durante eventos sísmicos. Además, el ajuste dinámico proporcionado por el coeficiente permitirá una representación más realista de cómo la estructura se comporta bajo condiciones sísmicas, mejorando la precisión del análisis y optimizando la respuesta del diseño. Además, se incluirá una excentricidad accidental del 0.05 por cada diafragma rígido, lo que asegura que los efectos torsionales sean considerados en el análisis estructural. Este enfoque tiene como finalidad representar con mayor precisión el comportamiento dinámico de la edificación ante movimientos sísmicos, teniendo en cuenta que las cargas no siempre se distribuyen de manera perfectamente simétrica. Al integrar estos factores en el diseño, no solo se asegura el cumplimiento de los requisitos establecidos por las normativas, sino que también se optimiza la seguridad y la

estabilidad de la estructura, mejorando su desempeño frente a eventos sísmicos. Esto contribuye a un diseño más robusto, capaz de responder adecuadamente a las demandas sísmicas y proteger tanto la integridad de la edificación como la seguridad de sus ocupantes.

Tabla 15 *Valores para condiciones del eje X-X*

Valores para condiciones del eje X-X

EJE X-X			
CONDICIONES	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCION	VALOR
Factor de Zona	Z	Zona	0.25
Factor de Uso	U	Edificaciones Comunes	1
Coeficiente de amplificación sísmica	C	T<Tp	2.5
Factor de Suelo	S	SC	1.2
Factor de Reducción	Rd	Pórticos	6
	ZUCS/R=		0.125

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16 *Valores para condiciones del eje Y-Y*

Valores para condiciones del eje Y-Y

EJE Y-Y			
CONDICIONES	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCION	VALOR
Factor de Zona	Z	Zona	0.25

Factor de Uso	U	Edificaciones Comunes	1
Coefficiente de amplificación sísmica	C	T<Tp	2.5
Factor de Suelo	S	SC	1.2
Factor de Reducción	Rd	Pórticos	3
ZUCS/R=			0.25

Fuente: Elaboración Propia

4.8.2.9. Derivas

4.8.2.9.1. Derivas por Sismo Dinámico

Figura 41

Derivas por Sismo Dinámico

DERIVAS EN XX

PISO	CASO CARGA	DESPLAZAMIENTO	DS RELATIVO	0.85R	H PISO	DERIVA	Deriva Max	CONDICION
				6.8				
CM5	SDX	0.003023	0.000303	0.0020604	2.80	0.00074	0.007	CUMPLE
CM4	SDX	0.00272	0.000426	0.0028968	2.80	0.00103	0.007	CUMPLE
CM3	SDX	0.002294	0.000616	0.0041888	2.80	0.00150	0.007	CUMPLE
CM2	SDX	0.001678	0.000727	0.0049436	2.80	0.00177	0.007	CUMPLE
CM1	SDX	0.000951	0.000951	0.0064668	3.20	0.00202	0.007	CUMPLE

DERIVAS EN YY

PISO	CASO CARGA	DESPLAZAMIENTO	DS RELATIVO	0.85R	H PISO	DERIVA	Deriva Max	CONDICION
				6.8				
CM5	SDY	0.002452	0.000236	0.0016048	2.80	0.00057	0.007	CUMPLE
CM4	SDY	0.002216	0.000352	0.0023936	2.80	0.00085	0.007	CUMPLE
CM3	SDY	0.001864	0.000509	0.0034612	2.80	0.00124	0.007	CUMPLE
CM2	SDY	0.001355	0.000601	0.0040868	2.80	0.00146	0.007	CUMPLE
CM1	SDY	0.000754	0.000754	0.0051272	3.20	0.00160	0.007	CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

4.8.2.9.2. Derivas por Sismo Estático.

Figura 42

Derivas por Sismo Estático

DERIVAS EN XX

PISO	CASO CARGA	DESPLAZAMIENTO	DS RELATIVO	0.85R	H PISO	DERIVA	Deriva Max	CONDICION
				6.8				
CM5	SEX	0.003759	0.000373	0.0025364	2.80	0.00091	0.007	CUMPLE
CM4	SEX	0.003386	0.000583	0.0039644	2.80	0.00142	0.007	CUMPLE
CM3	SEX	0.002803	0.000763	0.0051884	2.80	0.00185	0.007	CUMPLE
CM2	SEX	0.00204	0.000884	0.0060112	2.80	0.00215	0.007	CUMPLE
CM1	SEX	0.001156	0.001156	0.0078608	3.20	0.00246	0.007	CUMPLE

DERIVAS EN XX

PISO	CASO CARGA	DESPLAZAMIENTO	DS RELATIVO	0.85R	H PISO	DERIVA	Deriva Max	CONDICION
				6.8				
CM5	SEY	0.002976	0.000299	0.0020332	2.80	0.00073	0.007	CUMPLE
CM4	SEY	0.002677	0.000475	0.0032300	2.80	0.00115	0.007	CUMPLE
CM3	SEY	0.002202	0.000615	0.0041820	2.80	0.00149	0.007	CUMPLE
CM2	SEY	0.001587	0.00071	0.0048280	2.80	0.00172	0.007	CUMPLE
CM1	SEY	0.000877	0.000877	0.0059636	3.20	0.00186	0.007	CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

4.8.2.10. Verificación de irregularidades

Irregular en altura

La estructura es regular en altura, por lo que $I_a=1$.

Irregular en planta

La estructura es regular en planta, por lo que $I_p=0.75$.

4.8.2.11. Diseño de elementos estructurales

4.8.2.11.1. Diseño de Losa Aligerada

Figura 43

Cargas que soportan la Vigueta

DATOS		
Altura de losa=	20	cm
Sobrecarga	0.25	ton/m ²
Ancho Tributario	0.4	m
Peso de acabado	0.3	ton/m ²
Peso de losa	0.3	ton/m ²
CARGAS MUERTAS		
Peso de losa	0.12	ton/m
Peso de acabado	0.12	ton/m
WD=	0.24	ton/m
CARGAS VIVAS		
Sobrecarga	0.1	ton/m
WL=	0.1	ton/m
WU=	1.4WD+1.7WL	
WU=	0.506	ton/m

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17

Refuerzo de acero requerido para viguetas para tramos de 2 luces.

L1=	3.8	L2=	3.45
M(-)	M(+)	M(-)	M(+)
0.30 Tn.m	0.66 Tn.m	0.67 Tn.m	0.25 Tn.m
Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"	Ø 1/2"

Fuente: Elaboración Propia

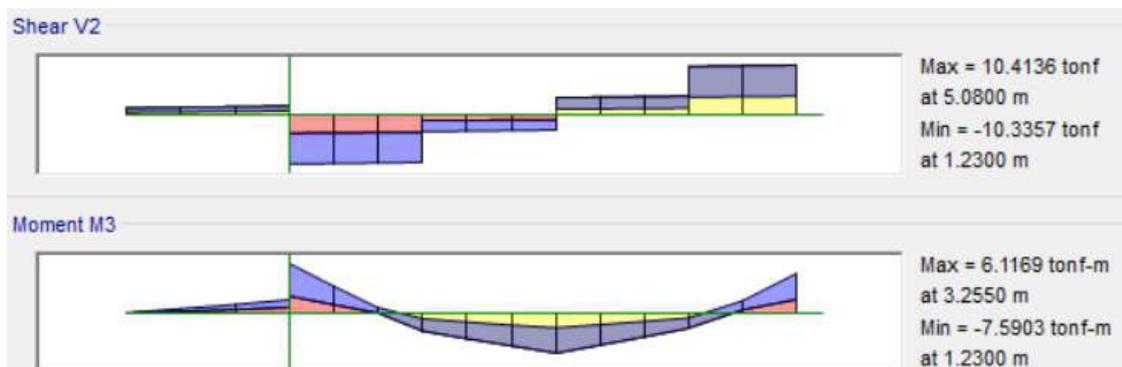
Se usará varillas de Ø 1/2" para los momentos negativos y positivos.

Acero según plano de vivienda: 1/2" para acero positivo y 1/2" para acero negativo. Se puede concluir que el acero de la viga de la vivienda es la correcta.

4.8.2.11.2. Diseño de Vigas

Figura 44

Envolvente de Viga del eje B-B del tramo 1-2 del primer nivel.



Después de procesar y diseñar el acero de la viga más cargada.



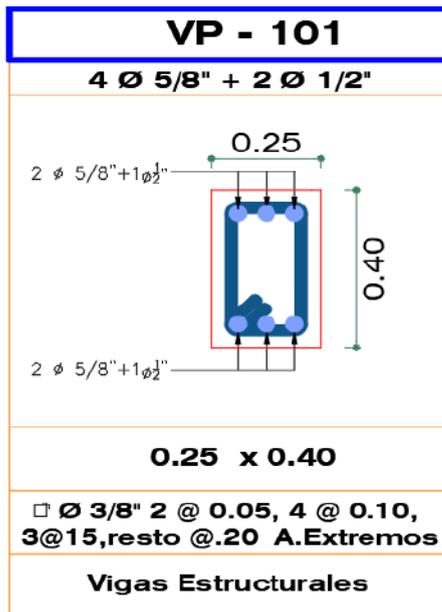
Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver el requerimiento para el acero superior es 6.49 cm² (2 5/8" + 2 1/2"), y el requerimiento máximo para el acero inferior es 5.12 cm² (2 5/8" + 1 1/2").

Según el plano inicial se cuenta con el siguiente detalle:

Figura 45

Vigas Estructurales.

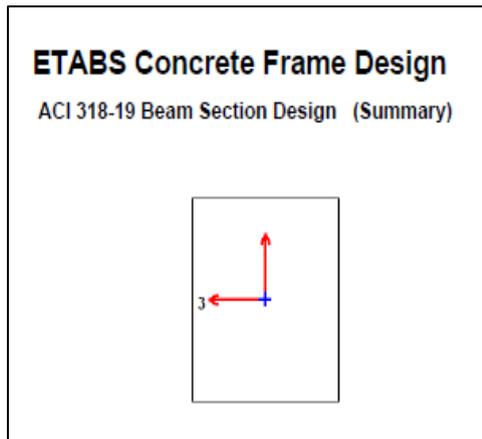


Fuente: Vivienda N° 01

De acuerdo con los resultados obtenidos en ETABS, la propuesta inicial de acero negativo es insuficiente en relación con el requerimiento mínimo. En la imagen analizada, se tiene un área de acero de 5.27 cm² en la parte superior, lo que indica un déficit de 1.22 cm² para alcanzar el valor requerido. Este ajuste deberá realizarse para garantizar que la sección cumpla con las demandas estructurales especificadas. Por otro lado, el acero positivo sí cumple con los requisitos establecidos, ya que el área de acero propuesta es de 5.27 cm², superando ligeramente el valor necesario de 5.12 cm². Este resultado confirma que la sección cumple con los criterios de diseño en esta dirección, asegurando su desempeño adecuado bajo las condiciones de carga previstas. Sin embargo, será necesario ajustar el diseño del acero negativo para garantizar la seguridad y estabilidad estructural de la edificación

Figura 46

Hoja de Cálculo de Etabs de viga(25x40)



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 47 Cálculos de Etabs de la viga

Cálculo de Etabs de viga

Beam Element Details								
Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (cm)	LLRF	Type
Story1	B2	88	Vx(25X30)	ENVOLVENTE	0	315	1	Sway Special
Section Properties								
b (cm)	h (cm)	b _r (cm)	d _s (cm)	d _{cr} (cm)	d _{co} (cm)			
25	30	25	0	6	6			
Material Properties								
E _c (kgf/cm ²)	f _c (kgf/cm ²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f _y (kgf/cm ²)	f _{ys} (kgf/cm ²)				
217370.85	210	1	4200	4200				
Design Code Parameters								
Φ _T	Φ _{cr}	Φ _{cs}	Φ _{vs}	Φ _{vs}	Φ _{vj}			
0.9	0.85	0.75	0.75	0.8	0.85			
Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M _{u3}								
	Design Moment (kgf-cm)	Design P _u (kgf)	-Moment Rebar (cm ²)	+Moment Rebar (cm ²)	Minimum Rebar (cm ²)	Required Rebar (cm ²)		
Top (+2 Axis)	-241756.86	0	2.82	0	2.01	2.82		
Bottom (-2 Axis)	120878.43	0	0	1.37	2.01	2.01		
Shear Force and Reinforcement for Shear, V _{u2}								
Shear V _{u2} (kgf)	Shear φV _c (kgf)	Shear φV _s (kgf)	Shear V _p (kgf)	Rebar A _v /s (cm ² /cm)				
4414.46	3458.21	1581.91	1814.29	0.0209				
Torsion Force and Torsion Reinforcement for Torsion, T _u								
T _u (kgf-cm)	ΦT _{th} (kgf-cm)	ΦT _{cr} (kgf-cm)	Area A _o (cm ²)	Perimeter, p _h (cm)	Rebar A _t /s (cm ² /cm)	Rebar A _t (cm ²)		
2323.72	14736.69	58946.76	289.1	74.44	0	0		

Fuente: Elaboración Propia

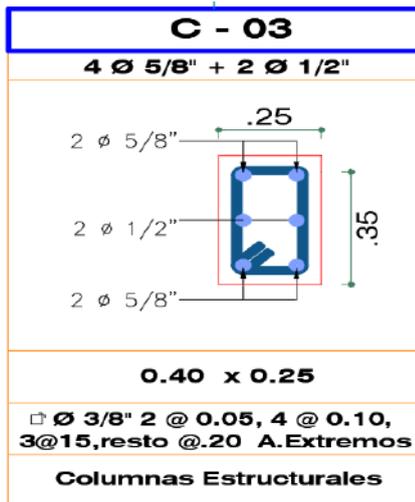
4.8.2.11.3. Diseño de columnas

Diseño de columna eje B-B y 1-1 del primer nivel.

Cargas para resistir de una columna 40x25 centrales con refuerzo de acero 4 5/8" + 2 1/2", según el planteamiento inicial de la vivienda, como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 48

Cálculos de las columnas estructurales



Fuente: Vivienda N° 01

Figura 49

Cálculos de las columnas estructurales

phi	Mn (tn-cm)	Pn (tn)	sin phi	Mn (tn-cm)	Pn (tn)
1	0	113.7318	1	0	174.972
2	3.3752	113.7318	2	5.1926	174.972
3	5.3017	104.5415	3	8.1565	160.8331
4	6.7719	87.9503	4	10.4182	135.3082
5	7.7795	69.9445	5	11.9684	107.607
6	8.4346	49.7242	6	12.9763	76.4987
7	9.2022	42.3966	7	12.1471	55.9644
8	9.4969	27.8897	8	10.5521	30.9886
9	7.2472	8.6489	9	8.0525	9.6099
10	3.2552	-18.8504	10	3.6169	-20.9449
11	0	-37.8	11	0	-42

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 50

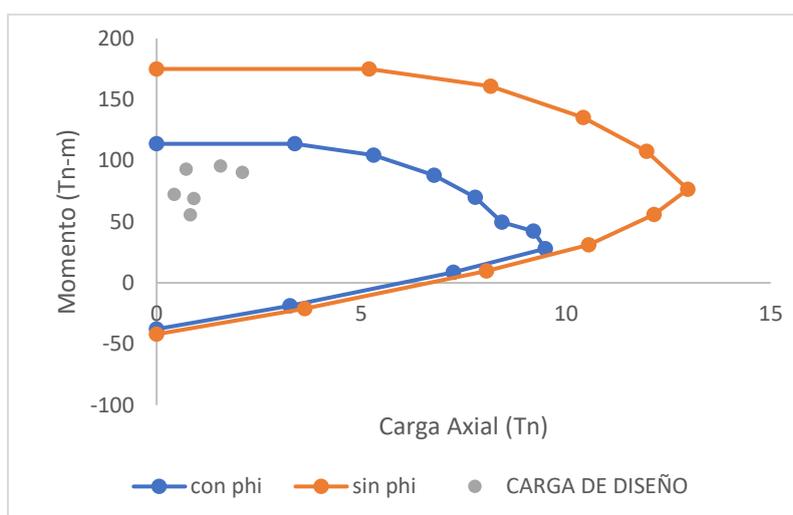
Carga de Diseño

CARGA DE DISEÑO		
COLUMNA	Mn (tn-cm)	Pn (tn)
B1	2.098	90.38
B2	1.562	95.63
B3	0.91	68.95
B4	0.72	92.93
B5	0.43	72.43
B6	0.82	55.53

Fuente: Elaboración Propia

Figura 51

Diagrama de Interacción de columna.



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede visualizar en la imagen, todas las columnas revisadas cumplen con el planteamiento inicial de la ya existente vivienda. Se puede asegurar que la vivienda no requiere mayor dimensión ni mayor refuerzo de acero.

4.8.2.11.4. Diseño de Estribo

Tabla 18 *Diseño de Estribo*

Diseño de Estribo

Se está usando la columna con mayor Carga.

Mu=	0.83	Tn.m
Pu=	96.48	Tn
fc=	210	kg/cm ²
fy=	4200	kg/cm ²

Hn=	2.8	m
Ø=	5/8	"
b=	25	cm
t=	40	cm
Vu=	(Mns+Mni)/Hn	
Mu=	ØMn	
Ø=	0.7	
Mn=	1.186	
Vu=	0.847	
Ø=	0.85	
Vc=	11027	Kg
Vc=	11.03	Tn

Vc>Vu; Usar espaciamiento mínimo.

Calculamos el espaciamiento mínimo.

1) Longitud de Desarrollo (Lo)			
a)	Lo=	Luz libre/6	
	Lo=	50.00	cm
b)	Lo=	mayor dimensione de Col.	
	Lo=	40.00	cm
c)	Lo=	45	cm
	Usar:		
	Lo=	50.00	cm
2) Espaciamiento (So)			
a)	So=	8db (diámetro menor)	
	So=	12.70	cm
b)	So=	(>Diam de Col.) /2	
	So=	12.5	cm
c)	So=	10	cm
3) Espaciamiento (So1)			
a)	So1=	16db	
	So1=	25.40	cm

b) $S_{o1} = \text{Col.} > \text{Dim de}$
 $S_{o1} = 25.00 \text{ cm}$

c) $S_{o1} = 30 \text{ cm}$

Usar:
 $S_{o} = 25.00 \text{ cm}$

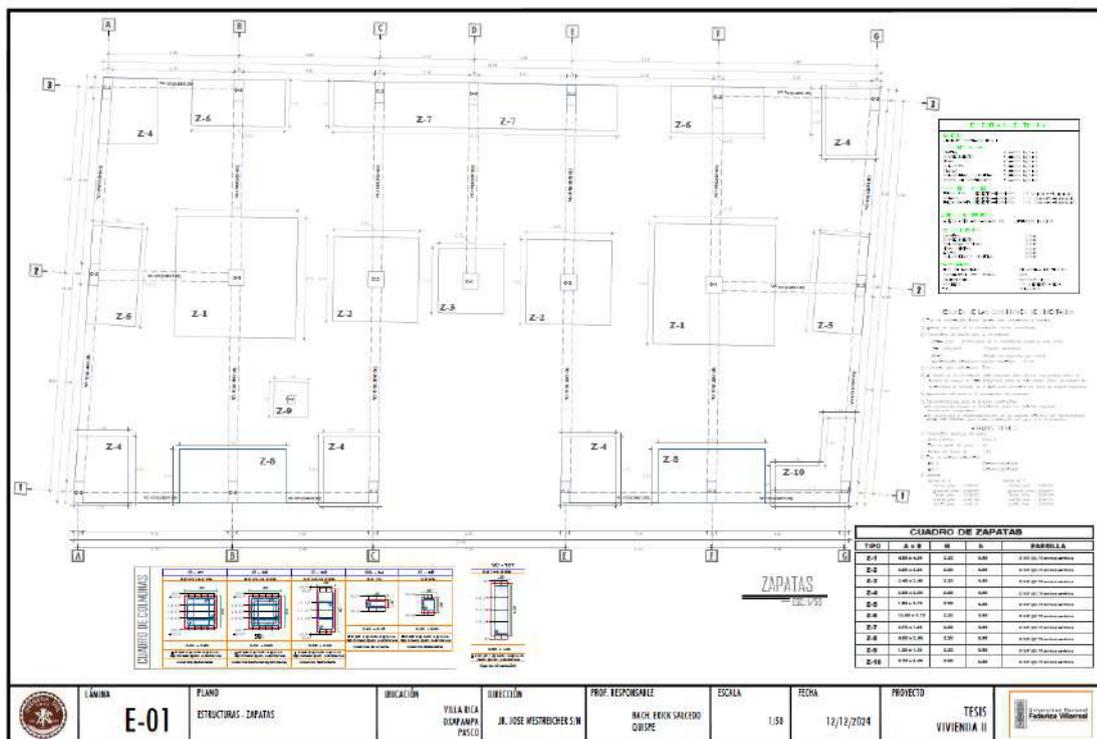
Usar:
 $\square 3/8 \text{ } 1@5\text{cm}, 5@10\text{cm}, \text{resto}@25\text{cm}$

Se puede ver que el acero colocado en el proyecto cumple con el requerimiento.

4.9 Memoria de cálculo estructural de la Vivienda N° 02 (05 pisos)

Figura 52:

Memoria de cálculo estructural de la Vivienda N^a 02 (05 pisos)



Fuente: Plano de Vivienda N^a 02

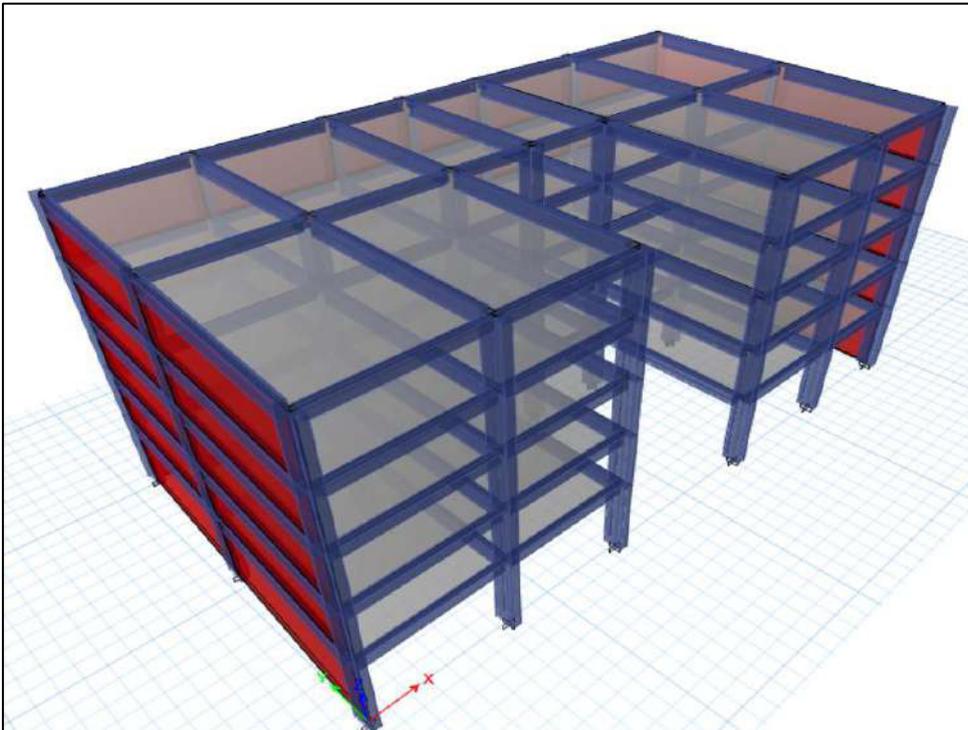
4.9.1. Cálculos para con vigas conectadas en la vivienda 02

El diseño de la vivienda en mención utilizó 2 sistemas estructurales, para el eje X-X (el más corto) usó sistema aporticado, por otro lado, para el eje Y-Y (el más largo) se usó albañilería confinada.

4.9.2. Modelo en el ETABS

Figura 53:

Memoria de cálculo estructural de la Vivienda N° 02 (05 pisos)



Fuente: Modelo final del proyecto realizado en ETABS vivienda N° 02

4.9.2.1. Especificaciones de los materiales

A. Concreto

- Resistencia (f'c): 210Kg/cm² (Vigas y losas)
- Módulo de Elasticidad (E): 217370.65 Kg/cm²
- Resistencia (f'c): 280Kg/cm² (columnas)
- Módulo de Elasticidad (E): 250998.01 Kg/cm²
- Módulo de Poisson (u): 0.20 (E-060)
- Peso Específico (γ): 2300.00 Kg/m³ (concreto simple)

: 2400.00 Kg/m³ (concreto armado)

B. Acero corrugado (ASTM A605)

- Resistencia a la fluencia (f_y) : 4,200 Kg/cm² (G° 60)
- Módulo de Elasticidad (E): 2'000,000 Kg/cm²

C. Ladrillo de arcilla

- Techos Aligerados: γ : 8.00 Kg/und
- Resistencia Ladrillo KK 18 = 65Kg/cm²
- Módulo de Elasticidad Ladrillo KK = 35000 Kg/cm²
- Albañilería: γ : 1350.00 kg/m³ (Albañilería inc. Tarrajeo)

D. Recubrimientos mínimos

- Cimientos, zapatas, vigas de cimentación 7.5 cm
- Columnas, Vigas, Placas, Muros (Cisternas, Tanques) 4.00 cm
- Losas Aligeradas, Vigas chatas, Vigas de borde 2.50cm
- Losas macizas, Escaleras 2.50 cm

4.9.2.2. Configuración del edificio

El sistema estructural de la edificación está compuesto por un sistema aporricado en el eje X-X y albañilería confinada en el eje Y-Y. En este contexto, las principales normativas que rigen el diseño estructural son la E.060 y E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), que se refieren al uso de concreto armado. Estas normativas proporcionan las directrices necesarias para garantizar la seguridad, estabilidad y resistencia de la estructura ante las cargas previstas, incluyendo las fuerzas sísmicas, asegurando así un diseño adecuado y conforme a las exigencias técnicas.

➤ Las losas aligeradas se han diseñado con un espesor de 25 cm, lo que garantiza una adecuada capacidad estructural para soportar las cargas previstas, al mismo tiempo que optimiza el uso de materiales y reduce el peso muerto de la edificación. Este espesor permite

un equilibrio entre la resistencia y la eficiencia en el diseño de las losas, cumpliendo con los requisitos de seguridad y funcionalidad.

➤ El concreto utilizado en la estructura tiene una resistencia de 210 kg/cm^2 , con la excepción de las columnas, que están diseñadas con un concreto de mayor resistencia, alcanzando los 280 kg/cm^2 . Esta diferencia en la resistencia se implementa para garantizar que las columnas, que deben soportar mayores cargas, cuenten con la capacidad suficiente para resistir esfuerzos de compresión más altos, asegurando la estabilidad y durabilidad de la edificación.

➤ La configuración busca satisfacer los siguientes requisitos:

➤ Planta simple

➤ Simetría en distribución de masas y disposición de muros, compensada con la adición de pórticos.

➤ Se ha logrado una regularidad tanto en planta como en elevación, sin cambios abruptos en la rigidez, la masa o discontinuidades en la transmisión de las fuerzas gravitacionales y horizontales. Esto asegura que las cargas sean distribuidas de manera uniforme a través de los elementos verticales de la estructura, garantizando una transferencia eficiente de las fuerzas hacia la cimentación. Este diseño contribuye a la estabilidad global de la edificación, reduciendo el riesgo de deformaciones o fallos estructurales.

- Rigidez similar en las dos direcciones principales de la edificación.

Evaluación de la configuración:

- Irregularidad de Rigidez – Piso Blando. No presenta.
- Irregularidad de Masa. No presenta.
- Irregularidad Geométrica Vertical. No presenta.
- Discontinuidad en el Sistema Resistente. No presenta.
- Irregularidad Torsional. Si presenta.

- Esquinas Entrantes. Si presenta.
- Discontinuidad del Diafragma. No presenta.
- Sistema no paralelo. No presenta.
- La estructura clasifica como Irregular.

4.9.2.3. Comparativa de dimensionamiento

4.9.2.3.1. Predimensionamiento losa aligerada

- Luz más desfavorable

$$L_{\text{mayor}} = 5.79\text{m}$$

- Espesor mínimo de losa

$$h = \frac{L_{\text{mayor}}}{25} = \frac{579\text{cm}}{25} = 23.16\text{cm}$$

ESPESOR DE LOSA DE VIVIENDA=25 cm, **CUMPLE**

4.9.2.3.2. Predimensionamiento de vigas

Vigas principales

- Según normativa

$$L_{\text{mayor}} = 8.24\text{m}$$

$$h = \frac{L_{\text{mayor}}}{12} = \frac{824\text{cm}}{12} = 68.67\text{cm}$$

$$b = \frac{h}{2} \geq 25\text{cm}$$

$$b = \frac{70}{2} \geq 25\text{cm}$$

$$b = 35\text{cm}$$

- Dimensión del proyecto

h= 65cm, **NO CUMPLE**

b= 30cm, **NO CUMPLE**

Vigas secundarias

- Según norma

$$L_{\text{mayor}} = 5.79\text{m}$$

$$h = \frac{L_{\text{mayor}}}{12} = \frac{579\text{cm}}{12} = 48.25\text{cm}$$

$$b = \frac{h}{2} \geq 25\text{cm}$$

$$b = \frac{50}{2} \geq 25\text{cm}$$

$$b = 25\text{cm}$$

- Dimensión del proyecto

h= 45cm, **NO CUMPLE**

b= 25cm, **CUMPLE**

4.9.2.3.3. Predimensionamiento de columnas

Tabla19

Predimensionamiento de columnas

CATERGORIA DE LA EDIFICACION	PESO DE SERVICIO (Kg/CM2)
A	1500
B	1250
C	1000

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20

Criterio para Predimensionamiento

ACI
COLUMNAS CENTRALES

$$A_{col} = \frac{P_{servicio}}{0.35 * f'c}$$

COLUMNAS EXCENTRICAS Y
ESQUINADAS

$$A_{col} = \frac{P_{servicio}}{0.45 * f'c}$$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21

Áreas calculadas

AREAS TRIBUTARIAS MAYORES							
Tpo de	Área	#	F	P.tot	Área	L	
columna	tributaria (m2)	niveles	.serv (kg)	al (kg)	rea (cm2)	(cm)	
central	42.48	5	1000	212400	2247.6	47	
lateral	21.72	5	1000	108600	1149.2	34	
esquinera	13.85	5	1000	69250	732.8	27	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22

Verificación de las Dimensiones

Predimensionamiento	Proyecto			Área	VERIFICACIÓN
	Área (cm2)	L mayor	L menor		
2247.6	60	60	3600	CUMPLE	
1149.2	80	25	2000	CUMPLE	
732.8	80	25	2000	CUMPLE	

Fuente: Elaboración Propia

4.9.2.4. Estado de cargas

De acuerdo con las Normas RNE E.020 y E.060, se toman en cuenta los siguientes estados de carga en la estructura, conforme a los valores establecidos para el análisis por

gravedad. Este análisis incluye tanto las cargas muertas, que comprenden el peso propio de los elementos estructurales, como las cargas vivas, derivadas de la ocupación y el uso del edificio. Estas cargas son esenciales para evaluar el comportamiento estructural y garantizar que la edificación sea capaz de soportar las tensiones a las que estará expuesta durante su vida útil:

- Albañilería : 1350 kg/m³
- Concreto : 2400 kg/m³
- Losa aligerada de 25cm : 350 kg/m²
- Piso acabado : 300 kg/m²
- s/c en azoteas : 100 kg/cm²

Tabla 23

Cargas en losas

Cargas vivas mínimas repartidas	
TIENDAS	5.0 (500)
Corredores y Escaleras	5.0 (500)
VIVIENDAS	2.0 (200)
Corredores y Escaleras	2.0 (200)

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

Tabla 24

Cargas en escaleras

CARGA MUERTA		CARGAS VIVAS	
P. Propio	0.00 kg/m ²	Tiendas	5.0 (500)
P. Ladrillo	90.00 kg/m ²	Corredores y Escaleras	5.0 (500)
P. Terminado	100.00 kg/m ²		

		Viviendas	2.0 (200)
Total	190.00 kg/m ²	Corredores y Escaleras	2.0 (200)

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

4.9.2.5. Combinaciones de cargas

Las edificaciones se han analizado con las siguientes solicitaciones, según específica la norma E-060., considerando el ESPECTRO DE PSEUDO ACELERACIONES RNE E-030

- COMB1: 1.40CM + 1.70CV
- COMB2: 1.25CM + 1.25CV+1.0SISMOX
- COMB3: 1.25CM + 1.25CV-1.0SISMOX
- COMB4: 1.25CM + 1.25CV +1.0SISMOY
- COMB5: 1.25CM + 1.25CV -1.0SISMOY
- COMB6: 0.90CM + 1.0SISMOX
- COMB7: 0.90CM - 1.0SISMOX
- COMB8: 0.90CM +1.0SISMOY
- COMB9: 0.90CM -1.0SISMOY
- ENVOLVENTE: 1.0COMB1 + 1.0COMB2 +1.0COMB3 +1.0COMB4
+1.0COMB5 +1.0COMB6 +1.0COMB7+1.0COMB8+1.0COMB9

4.9.2.6. Peso de la estructura

Por ser predominantemente una estructura que servirá como Vivienda unifamiliar, se clasifica como clase C, por lo tanto:

Figura 54

Modelo Etabs

General Data

Load Combination Name: PESO DE EDIFICACIÓN

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
Dead	1
Live	0.25
CM	1

Add

Delete

Fuente: Modelo de Etabs

4.9.2.6.1. Peso de la edificación en el modelo en Etabs.

Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX tonf	FY tonf	FZ tonf
PESO EDIF	Combination			0	0	1840.3411

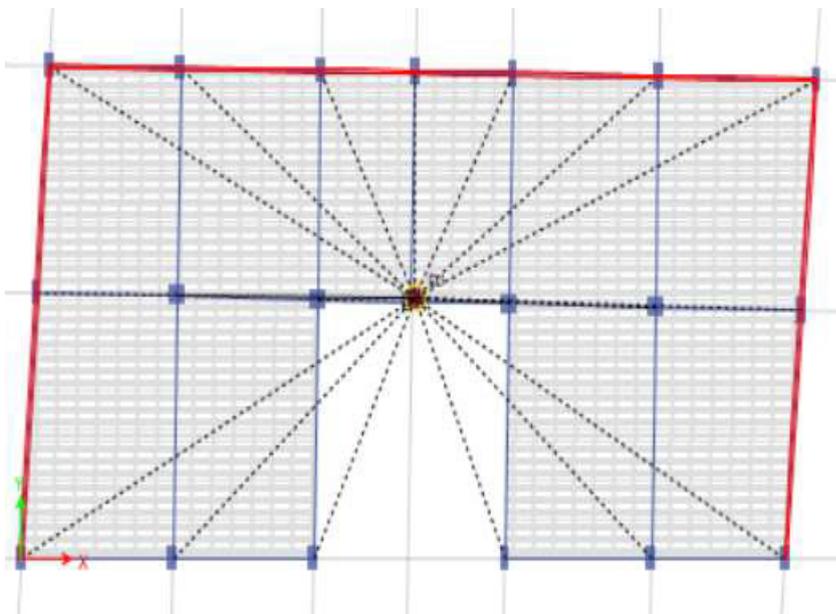
Fuente: Modelo de Etabs

4.9.2.7. Diafragmas rígidos

Se ha considerado toda la losa de cada entrepiso como diafragma rígido.

Figura 55

Diafragma Rígido



Fuente: Modelo de Etabs.

4.9.2.8. Análisis sísmico

El análisis sísmico se realiza utilizando un modelo matemático tridimensional, en el que los elementos verticales de la estructura están conectados por diafragmas horizontales que se consideran infinitamente rígidos en sus planos. Este enfoque permite simular de manera precisa la interacción entre los diferentes componentes estructurales cuando se aplican cargas sísmicas, proporcionando una representación más realista del comportamiento de la edificación frente a movimientos telúricos. Para cada dirección analizada, se ha incorporado una excentricidad accidental del 0.05 de la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la fuerza sísmica. Este enfoque asegura que los efectos torsionales, que pueden surgir debido a la distribución no simétrica de las cargas, sean considerados de manera adecuada, lo que contribuye a un análisis más preciso y seguro del comportamiento de la estructura durante un evento sísmico. Todos los cálculos y evaluaciones se han realizado siguiendo los parámetros sísmicos establecidos en la Norma de Diseño Sismorresistente (RNE-E.030), lo que garantiza que el diseño estructural cumpla con las normativas vigentes en cuanto a seguridad y estabilidad frente a movimientos sísmicos. De esta manera, se asegura que el análisis para el edificio sea adecuado y proporcione la protección necesaria ante cargas sísmicas y son los siguientes:

4.9.2.8.1. Análisis dinámico

El análisis dinámico de la estructura se realiza utilizando un espectro de respuesta establecido por la Norma de Diseño Sismorresistente (RNE-E.030). Este espectro se emplea para evaluar cómo la edificación responderá frente a movimientos sísmicos, tomando en cuenta las propiedades dinámicas del sistema estructural. Durante este proceso, se calcula la fuerza cortante mínima en la base de la estructura para cada dirección en planta. Los resultados obtenidos se comparan con los del análisis estático, con el fin de asegurar la consistencia del diseño estructural y garantizar su seguridad frente a las cargas sísmicas. Este enfoque permite

verificar que la edificación cumpla con los requisitos establecidos por las normativas, asegurando que la estructura pueda resistir adecuadamente los esfuerzos sísmicos y mantenga la estabilidad y el rendimiento esperado en ambas direcciones principales. Además, proporciona una base sólida para el diseño y refuerzo estructural, optimizando su capacidad para enfrentar eventos sísmicos de diferentes magnitudes. (X e Y).

Se consideró un sistema estructural aporricado para el eje X e Y.

Valores para condiciones del eje X-X

Figura 56

Valores para condiciones del eje X-X

Function Name	Espectro XX
Parameters	
Seismic Zone	Zone 2
Occupation Category	C
Soil Type	S2
Irregularity Factor, I_a	1
Irregularity Factor, I_p	0.75
Basic Response Modification Factor, R_0	8

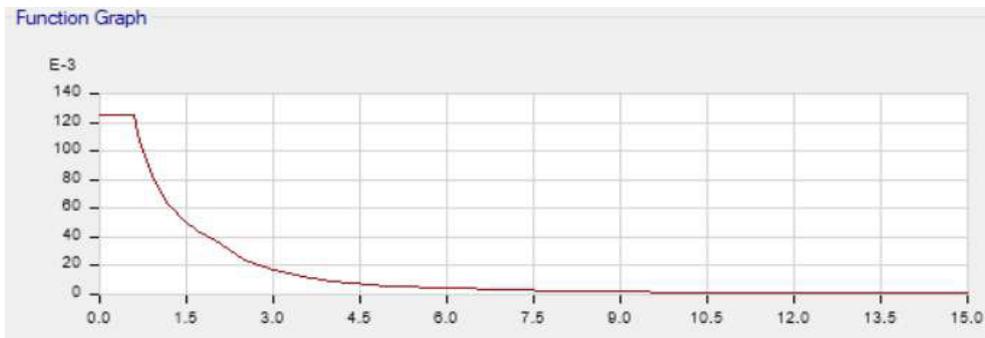
Fuente: Elaboración Propia

Figura 57

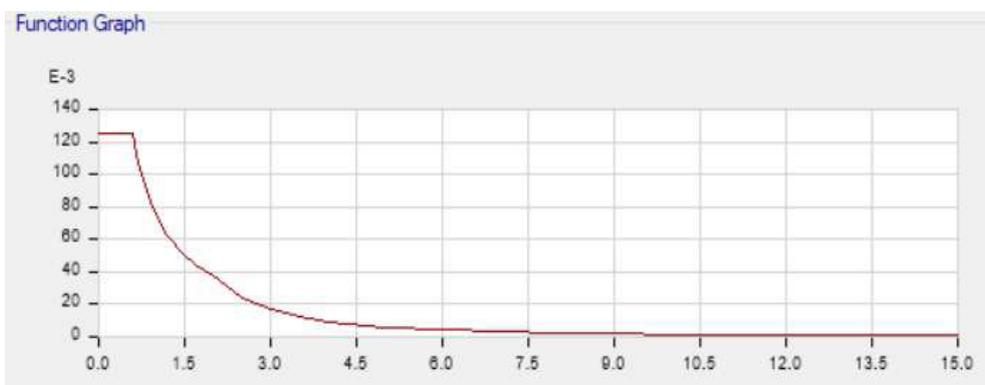
Valores para condiciones del eje Y-Y

Function Name	Espectro YY
Parameters	
Seismic Zone	Zone 2
Occupation Category	C
Soil Type	S2
Irregularity Factor, I_a	1
Irregularity Factor, I_p	0.75
Basic Response Modification Factor, R_0	8

Fuente: Propia

Figura 58*Espectro de pseudo aceleraciones X-X*

Fuente: Modelo de Etabs.

Figura 59*Espectro de pseudo aceleraciones Y-Y*

Fuente: Modelo de Etabs.

4.9.2.8.2. Análisis estático

El cálculo del cortante estático se llevará a cabo utilizando los valores de los parámetros previamente definidos, los cuales incluyen el peso total de la estructura y el factor de ampliación dinámica. Este proceso se realizará introduciendo un coeficiente ajustable que permita modificar la respuesta sísmica de la estructura según las cargas específicas y las condiciones del terreno. Además, para garantizar que los efectos torsionales sean adecuadamente evaluados, se incorporará una excentricidad accidental equivalente al 0.05 de la dimensión correspondiente por cada diafragma rígido. Este ajuste es esencial para simular con precisión la interacción entre las fuerzas sísmicas y la estructura, considerando cómo las

cargas pueden generar movimientos no simétricos o de torsión. Este procedimiento asegura que el diseño estructural cumpla con los más altos estándares normativos establecidos en las normativas sismo-resistentes, permitiendo una representación precisa de las demandas sísmicas que se pueden presentar en el entorno. Al incorporar estos elementos en el análisis, se optimiza tanto la estabilidad como la seguridad de la edificación, garantizando que la estructura sea capaz de resistir los esfuerzos sísmicos sin comprometer su integridad. De esta manera, no solo se cumple con los requisitos reglamentarios, sino que se asegura que la edificación mantenga su rendimiento a lo largo del tiempo frente a movimientos sísmicos de diversas magnitudes.

Tabla 25

Valores para condiciones del eje X-X

EJE X-X			
CONDICIONES	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCION	VALOR
Factor de Zona	Z	Zona	0.25
Factor de Uso	U	Edificaciones Comunes	1
Coeficiente de amplificación sísmica	C	T<Tp	2.5
Factor de Suelo	S	SC	1.2
Factor de Reducción	Rd	Pórticos	6
	ZUCS/R=		0.125

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26:

Valores para condiciones del eje Y-Y

EJE Y-Y

CONDICIONES	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCION	VALOR
Factor de Zona	Z	Zona	0.25
Factor de Uso	U	Edificaciones Comunes	1
Coficiente de amplificación sísmica	C	T<Tp	2.5
Factor de Suelo	S	SC	1.2
Factor de Reducción	Rd	Albañilería	6
ZUCS/R=			0.125

Fuente: Elaboración Propia

4.9.2.9. Derivas**4.9.2.9.1. Derivas por sismo dinámico****Figura 60***Derivas por sismo dinámico***DERIVAS EN XX**

PISO	CASO CARGA	DESPLAZAMIENTO	DS RELATIVO	0.85R		H PISO	DERIVA	Deriva Max	CONDICION
CM5	SDX	0.003078	0.000308	0.0020944		2.90	0.00072	0.007	CUMPLE
CM4	SDX	0.00277	0.000466	0.0031688		2.90	0.00109	0.007	CUMPLE
CM3	SDX	0.002304	0.00062	0.0042160		2.90	0.00145	0.007	CUMPLE
CM2	SDX	0.001684	0.00073	0.0049640		2.90	0.00171	0.007	CUMPLE
CM1	SDX	0.000954	0.000954	0.0064872		4.00	0.00162	0.007	CUMPLE

DERIVAS EN YY

PISO	CASO CARGA	DESPLAZAMIENTO	DS RELATIVO	0.85R		H PISO	DERIVA	Deriva Max	CONDICION
CM5	SDY	0.0025	0.000239	0.0016252		2.90	0.00056	0.007	CUMPLE
CM4	SDY	0.002261	0.000387	0.0026316		2.90	0.00091	0.007	CUMPLE
CM3	SDY	0.001874	0.000513	0.0034884		2.90	0.00120	0.007	CUMPLE
CM2	SDY	0.001361	0.000604	0.0041072		2.90	0.00142	0.007	CUMPLE
CM1	SDY	0.000757	0.000757	0.0051476		4.00	0.00129	0.007	CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

4.9.2.9.2. Derivas por sismo estático

Figura 61

Derivas por sismo estático

DERIVAS EN XX

PISO	CASO CARGA	DESPLAZAMIENTO	DS RELATIVO	0.85R	H PISO	DERIVA	Deriva Max	CONDICION
				6.8				
CM5	SDX	0.003759	0.000373	0.0025364	2.90	0.00087	0.007	CUMPLE
CM4	SDX	0.003386	0.000583	0.0039644	2.90	0.00137	0.007	CUMPLE
CM3	SDX	0.002803	0.000763	0.0051884	2.90	0.00179	0.007	CUMPLE
CM2	SDX	0.00204	0.000884	0.0060112	2.90	0.00207	0.007	CUMPLE
CM1	SDX	0.001156	0.001156	0.0078608	4.00	0.00197	0.007	CUMPLE

DERIVAS EN YY

PISO	CASO CARGA	DESPLAZAMIENTO	DS RELATIVO	0.85R	H PISO	DERIVA	Deriva Max	CONDICION
				3.4				
CM5	SDY	0.002976	0.000299	0.0020332	2.90	0.00070	0.007	CUMPLE
CM4	SDY	0.002677	0.000475	0.0032300	2.90	0.00111	0.007	CUMPLE
CM3	SDY	0.002202	0.000615	0.0041820	2.90	0.00144	0.007	CUMPLE
CM2	SDY	0.001587	0.00071	0.0048280	2.90	0.00166	0.007	CUMPLE
CM1	SDY	0.000877	0.000877	0.0059636	4.00	0.00149	0.007	CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

4.9.2.10. Verificación de irregularidades

Irregular en altura

La estructura es regular en altura, por lo que $I_a=1$.

Irregular en planta

La estructura es regular en planta, por lo que $I_p=0.75$.

4.9.2.11. Diseño de elementos estructurales.

4.9.2.11.1. Diseño de losa aligerada

Figura 62

Cargas que soporta la vigueta

DATOS		
Altura de losa=	20	cm
Sobrecarga	0.25	ton/m ²
Ancho Tributario	0.4	m
Peso de acabado	0.3	ton/m ²
Peso de losa	0.3	ton/m²
CARGAS MUERTAS		
Peso de losa	0.12	ton/m
Peso de acabado	0.12	ton/m
WD=	0.24	ton/m
CARGAS VIVAS		
Sobrecarga	0.1	ton/m
WL=	0.1	ton/m
WU=	1.4WD+1.7WL	
WU=	0.506	ton/m

Fuente: Elaboración Propia

Refuerzo de acero requerido para viguetas para tramos de 6 luces.

L1=	5.01	L2=	4.95	L3=	3.26	L4=	3.34	L5=	5.21	L6=	5.21
M(-)	M(+)	M(-)	M(+)	M(-)	M(+)	M(-)	M(+)	M(-)	M(+)	M(-)	M(+)
1.22 Tn.m	0.56 Tn.m	0.82 Tn.m	1.31 Tn.m	0.57 Tn.m	0.35 Tn.m	0.60 Tn.m	0.37 Tn.m	1.45 Tn.m	0.91 Tn.m	0.60 Tn.m	1.32 Tn.m
∅ 5/8"+∅ 3/8"	1 ∅ 1/2"	∅ 5/8"	∅ 5/8"+∅ 3/8"	∅ 1/2"	∅ 1/2"	∅ 1/2"	∅ 1/2"	∅ 5/8"+∅ 3/8"	∅ 1/2"	∅ 1/2"	∅ 5/8"+∅ 3/8"

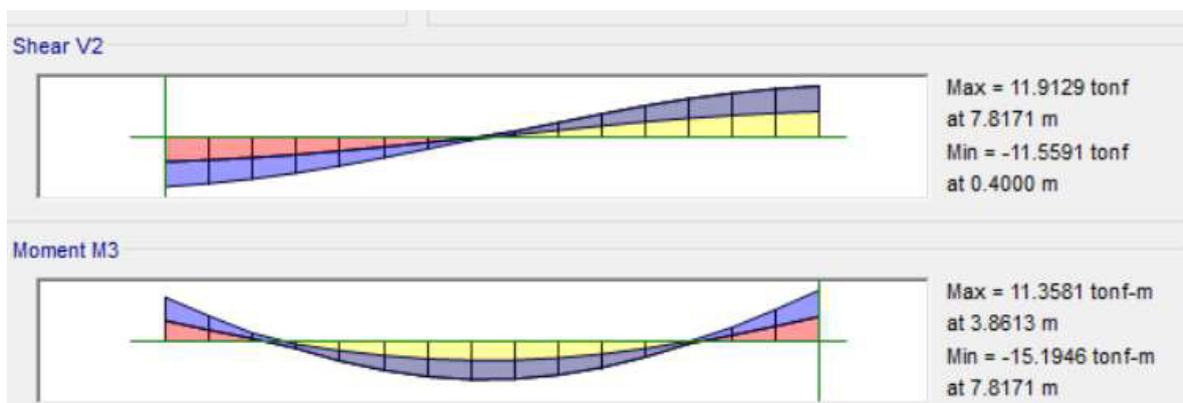
Se usará varillas de $\varnothing 3/8"$, $\varnothing 1/2"$, $\varnothing 5/8"$ y combinaciones para los momentos negativos y positivos.

Acero según plano de vivienda: $1/2"$ para acero positivo y $1/2"$ para acero negativo. Se puede concluir que el acero de la vigueta de la vivienda es la correcta.

4.9.2.11.2. Diseño de vigas

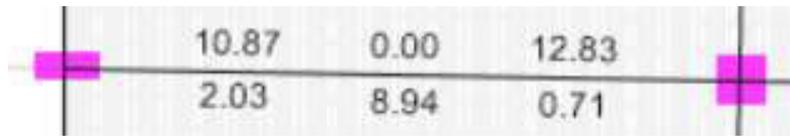
Figura 63

Envoltente de Viga del eje 2-2 del tramo A-B del primer nivel.



Fuente: Modelo de Etabs.

Después de procesar y diseñar el acero de la viga más cargada.



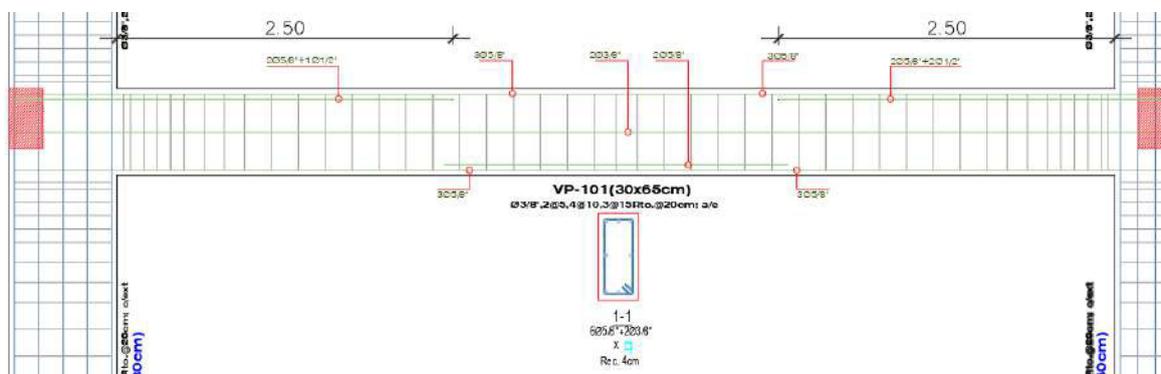
Fuente: Modelo de Etabs.

Como se puede ver el requerimiento para el acero superior es 12.83 cm^2 ($4 \frac{5}{8}'' + 4 \frac{1}{2}''$), y el requerimiento máximo para el acero inferior es 8.94 cm^2 ($2 \frac{5}{8}'' + 4 \frac{1}{2}''$)

Según el plano inicial se cuenta con el siguiente detalle:

Figura 64

Viga Peraltada



Fuente: Plano de propietario

Según el requerimiento brindado por el Etabs, la propuesta inicial es menor a la requerida en el caso de acero negativo; en la imagen anterior se cuenta con $5 \frac{5}{8}'' + 2 \frac{1}{2}''$ que se traduce en centímetros a 11.16 cm^2 en la parte superior, es decir que tendría 1.67 cm^2 menos que requerido. Por el contrario, el acero positivo está cumpliendo porque el propuesto son $5 \frac{5}{8}''$ que se traduce en 9.90 cm^2 y el necesario es 8.94 cm^2 .

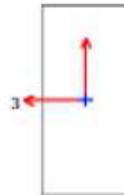
Hoja de Cálculo de Etabs de viga(30x65)

Figura 65

Hoja de cálculo de Etabs de Viga (30x65)

ETABS Concrete Frame Design

ACI 318-19 Beam Section Design (Summary)



Beam Element Details

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (cm)	LLRF	Type
Story1	B4	56	V30x65	ENVOLVENTE	731.713	811.713	0.848	Sway Ordinary

Section Properties

b (cm)	h (cm)	b _r (cm)	d _s (cm)	d _{cr} (cm)	d _{cs} (cm)
30	65	30	0	6	6

Material Properties

E _c (N/cm ²)	F _c (N/cm ²)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f _y (N/cm ²)	f _{yh} (N/cm ²)
2131677.94	2059.4	1	41187.93	41187.93

Design Code Parameters

φ _T	φ _{CTad}	φ _{Criginal}	φ _{Vha}	φ _{Vsa}	φ _{Vshw}
0.9	0.65	0.75	0.75	0.6	0.65

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M_u

	Design Moment N-cm	Design P _u N	-Moment Rebar cm ²	+Moment Rebar cm ²	Minimum Rebar cm ²	Required Rebar cm ²
Top (+2 Axis)	-25666075.94	0	12.93	0	5.93	12.93
Bottom (-2 Axis)	0	0	0	0	0	0

Shear Force and Reinforcement for Shear, V_u

Shear V _u N	Shear φV _u N	Shear φV _u N	Shear V _o N	Rebar A _v /s cm ² /cm
194467.07	100044.69	94422.39	38448.62	0.0518

Torsion Force and Torsion Reinforcement for Torsion, T_u

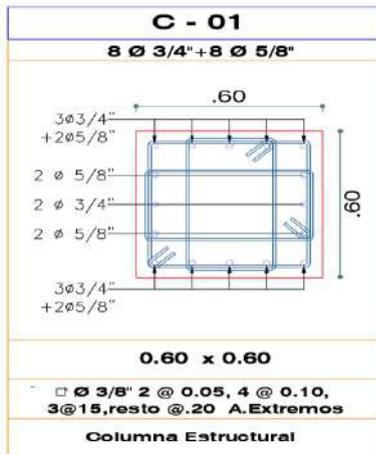
T _u N-cm	φT _u N-cm	φT _u N-cm	Area A _o cm ²	Perimeter, p _h cm	Rebar A _v /s cm ² /cm	Rebar A _t cm ²
417.22	565596.07	2262384.29	1006.8	154.44	0	0

Fuente: Modelo de Etabs.

4.9.2.11.3. Diseño de columnas

Figura 66

Diseño de columnas



Fuente: Plano de propietario

Tabla 27

Diseño de columnas

phi	Mn (tn- cm)	Pn (tn)	sin phi	Mn (tn-cm)	Pn (tn)
1	0	519.7046	1	0	799.5456
2	2117.346	519.7046	2	3257.455	799.5456
3	3459.007	490.1629	3	5321.549	754.0967
4	4416.42	418.4851	4	6794.492	643.8232
5	5044.588	341.0965	5	7760.905	524.7638
6	5369.986	256.7638	6	8261.516	395.0212
7	5995.779	217.3184	7	7937.063	287.6807
8	6314.016	165.0124	8	7015.573	183.3472
9	4806.533	66.2832	9	5340.592	73.648
10	2709.598	32.8989	10	3010.664	-36.5543

11	0	136.08	11	0	-151.2
----	---	--------	----	---	--------

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28

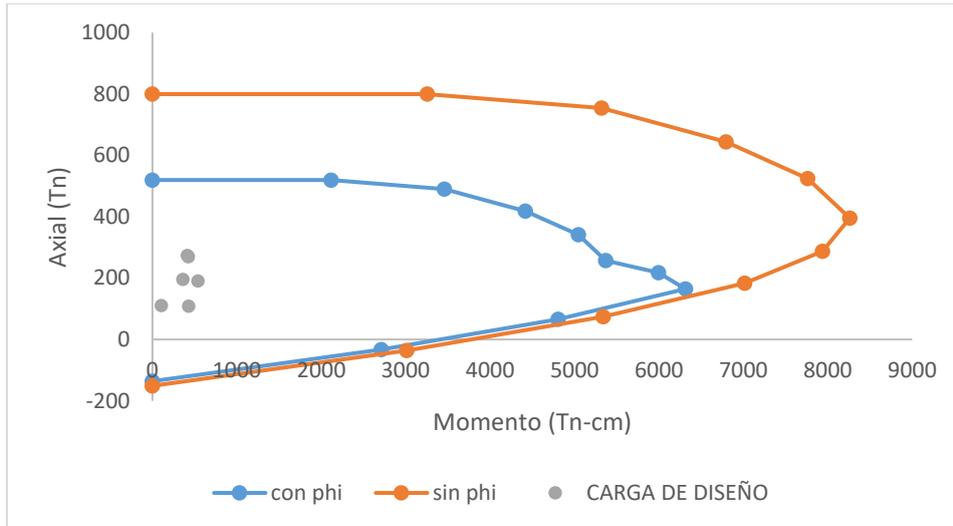
Carga de diseño

CARGA DE DISEÑO		
COLUMNA	Mn (tn-cm)	Pn (tn)
B2	425.91	269.53
B3	540.45	190.63
B4	430.40	108.12
B5	359.24	195.67
B6	414.78	273.52
B6	104.88	110.64

Fuente: Elaboración Propia

Figura 67

Diagrama de Interacción de columna.



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede visualizar en la imagen, todas las columnas revisadas cumplen con el planteamiento inicial de la ya existente vivienda. Se puede asegurar que la vivienda no requiere mayor dimensión ni mayor refuerzo de acero.

4.9.2.11.4. Diseño de Estribos

Tabla 29

Diseño de Estribos

Se está usando la columna con mayor Carga.

Mu=	4.26	Tn.m
Pu=	269.53	Tn
f'c=	210	kg/cm ²
fy=	4200	kg/cm ²
Hn=	3.2	m
Ø=	3/4	"
b=	60	cm
t=	60	cm

Vu=	(Mns+Mni)/Hn
Mu=	ØMn
Ø=	0.7

Mn=	6.084471
Vu=	3.802795

$\emptyset=$	0.85	
$V_c=$	38192.23	Kg
$V_c=$	38.19223	Tn

$V_c > V_u$; Usar espaciamiento mínimo

Tabla 30

Calculamos el espaciamiento mínimo.

1) Longitud de Desarrollo (L_o)		
a)	$L_o=$	Luz libre/6
	$L_o=$	55.00 cm
b)	$L_o=$	mayor dimensione de Col.
	$L_o=$	60.00 cm
c)	$L_o=$	45 cm
	Usar: $L_o=$	60.00 cm
2) Espaciamiento (S_o)		
a)	$S_o=$	8db (diámetro menor)
	$S_o=$	15.24 cm
b)	$S_o=$	(>Diam de Col.)/2
	$S_o=$	30 cm
c)	$S_o=$	10 cm
	Usar: $S_o=$	30.00 cm
3) Espaciamiento (S_{o1})		
a)	$S_{o1}=$	16db
	$S_{o1}=$	30.48 cm
b)	$S_{o1}=$	>Diam de Col.
	$S_{o1}=$	60.00 cm
c)	$S_{o1}=$	30 cm
	Usar: $S_{o1}=$	30.00 cm

Usar:

□3/8 1@5cm, 6@10cm, resto@30cm

Se puede ver que el acero colocado en el proyecto cumple con el requerimiento.

4.9.3. Cálculo de Vigas de Cimentación Vivienda N^a 01

Para este diseño usaremos las columnas más cargadas. En este caso serán las que se encuentran en el eje B-1 y B-2.

Tabla 31

Datos para diseño.

Cargas y dimensiones.					
Columna Externa			Columna Interna		
Pd =	15.79	Tn	Pd =	40.62	Tn
Pl =	4.98	Tn	Pl =	17.10	Tn
te =	0.25	m	te =	0.25	m
be =	0.40	m	be =	0.40	m
f _c =	210.00	Kg/cm ²	f _c =	210.00	Kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32

Datos de terreno.

Cimentación		
df =	2.20	m
S/C =	0.4	tn/m ²
γ _{prom} =	1.73	tn/m ³
σ _t =	1.33	Kg/cm ²
f _c =	210	Kg/cm ²

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

Fuente: Elaboración Propia.

Distancia entre ejes de columnas

$$L_v = 4.15 \text{ m}$$

Cálculo de esfuerzo Neto del Suelo

$$\sigma_{\text{neto}} = \sigma_t + \gamma_{\text{prom}} * D_f - s/c$$

$$\sigma_{\text{neto}} = 13.3 + 1.73 * 2.2 - 0.4$$

$$\sigma_{\text{neto}} = 9.09 \text{ tn/m}^2$$

Predimensionamiento de Viga de Cimentación

- Según normativa

$$L_{\text{mayor}} = 4.15 \text{ m}$$

$$h = \frac{L_{\text{mayor}}}{8} = \frac{415 \text{ cm}}{8} = 51.88 \text{ cm}$$

$$b = \frac{h}{2} \geq 25 \text{ cm}$$

$$b = \frac{51.88}{2} \geq 25 \text{ cm}$$

- Dimensión del proyecto

H=40cm, **NO CUMPLE.**

b= 25cm, **NO CUMPLE.**

- Para el replanteo de diseño usaremos una viga de cimentación de 30x55.

Carga distribuida de la Viga de cimentación.

$$q_{vc} = 1.4 * \gamma_{conc} * b * h$$

$$q_{vc} = 1.4 * 2.4 * 0.30 * 0.55$$

$$q_{vc} = 0.56 \text{Tn/cm}^2$$

Amplificación de Cargas (Cargas últimas).

- Para Columna externa

$$P_{Ue} = 1.4Cm + 1.7Cv$$

$$P_{Ue} = 1.4(15.79) + 1.7(4.98)$$

$$P_{Ue} = 30.58 \text{ Tn}$$

- Para Columna Interna

$$P_{Ui} = 1.4Cm + 1.7Cv$$

$$P_{Ui} = 1.4(40.62) + 1.7(17.10)$$

$$P_{Ui} = 85.93 \text{ Tn}$$

Predimensionamiento de Zapatas

- Zapata Externa

Se considera las dimensiones de A y B, donde B es 2A.

$$2A^2 = \frac{1.25 * P_{Ue}}{\sigma_{neto}}$$

$$A = \sqrt{\frac{1.25 * P_{Ue}}{2 * \sigma_{neto}}}$$

$$A = \sqrt{\frac{1.25 * 30.58}{2 * 9.09}}$$

$$A = 1.20\text{m}$$

$$B = 2.40\text{m}$$

- Zapata Interna

Se considera las dimensiones de A y B, donde A es igual B.

$$A^2 = \frac{1.25 * P_{Ui}}{\sigma_{neto}}$$

$$A = \sqrt{\frac{1.25 * P_{Ue}}{\sigma_{neto}}}$$

$$A = \sqrt{\frac{1.25 * 85.93}{9.09}}$$

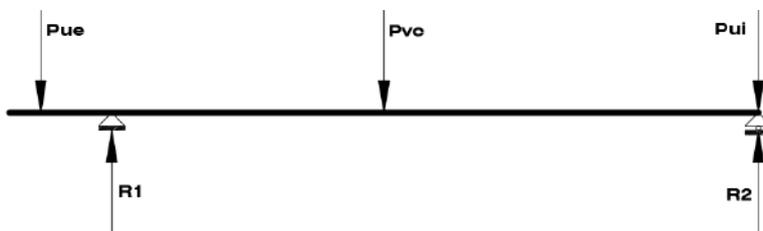
$$A = 2.85\text{m}$$

$$B = 2.85\text{m}$$

Figura 68

Modelo para diseño de zapatas.

Para el caso de zapatas Conectadas con viga de cimentación, el modelo será el siguiente:



Fuente: Elaboración Propia.

Hallamos la reacción R1

$$R_1 = P_{Ue} * (A_1 - te/2) + q_{vc} * (Lv)^2/2 / (Lv - (A_1/2 - te/2))$$

$$R_1 = 30.58 * (1.20 - 0.25/2) + 0.56 * (4.15)^2/2 / (4.15 - (1.20/2 - 0.25/2))$$

$$R_1 = 34.79 \text{ Tn}$$

Hallamos la reacción R2

$$\sum F_y = 0$$

$$R_2 = P_{Ue} * Lv + P_{Ue} + P_{Ui} - R_1$$

$$R_2 = 0.56 * 4.15 + 30.58 + 85.93 - 34.57$$

$$R_2 = 84.02 \text{ Tn}$$

Hallamos el esfuerzo último.

- Calculamos el factor de amplificación

$$UR = \frac{P_{Ue} + P_{Ui}}{P_e + P_i}$$

$$UR = \frac{30.58 + 85.93}{20.77 + 57.71}$$

$$UR = 1.48$$

- Calculamos el Esfuerzo último

$$\sigma_{ult} = \sigma_{neto} * UR$$

$$\sigma_{ult} = 9.09 * 1.48$$

$$\sigma_{ult} = 13.50 \text{ Tn/m}$$

Dimensionamiento de Zapatas

- Zapata Externa

Se considera las dimensiones de A y B, donde B es 2A.

$$2A^2 = \frac{R_1}{\sigma_{ult}}$$

$$A = \sqrt{\frac{R_1}{2 * \sigma_{ult}}}$$

$$A = \sqrt{\frac{34.79}{2 * 13.50}}$$

$$A = 1.15\text{m}$$

$$B = 2.30\text{m}$$

- Zapata Interna

Se considera las dimensiones de A y B, donde A es igual B.

$$m = \frac{-(b_e + t_e) + \sqrt{(b_e + t_e)^2 - 4((b_e * t_e - A_z))}}{4}$$

$$m = \frac{-(0.40 + 0.25) + \sqrt{(0.40 + 0.25)^2 - 4(0.40 * 0.25 - \frac{84.02}{13.50})}}{4}$$

$$m = 2.20\text{m}$$

$$A = t_e + 2 * m$$

$$A = 2.45\text{m}$$

$$B = b_e + 2 * m$$

$$B = 2.60\text{m}$$

Diseño de refuerzo longitudinal de Viga de cimentación

- Cálculo de la reacción última del suelo (Tn/m)

Para zapata exterior

$$q_1 = \frac{R_1}{A_1}$$

$$q_1 = \frac{34.79}{1.20}$$

$$q_1 = 30.25 \text{ Tn/m}$$

Para zapata interior

$$q_2 = \frac{R_2}{A_2}$$

$$q_2 = \frac{84.02}{2.45}$$

$$q_2 = 34.29 \text{ Tn/m}$$

- Calculamos fuerzas y momentos internos para zapata exterior (Izquierda a Derecha).

Para $0 \leq X \leq 0.25/2$

$$V_x = q_1 * x$$

$$M_x = q_1 * \frac{x^2}{2}$$

Tabla 33

Fuerzas y Momentos.

X	Fuerza Cortante (Vx)	Momento Flector (Mx)
0.00	0.00	0.00
0.10	3.03	0.15
0.20	6.05	0.61
0.25	7.56	0.95

Fuente: Elaboración Propia

Para $0.25 \leq X \leq 1.15$

$$V_x = q_1 * x - q_{vc} * \left(x - \frac{te}{2}\right) - P_{Ue}$$

$$M_x = q_1 * \frac{x^2}{2} - q_{vc} * \frac{\left(x - \frac{te}{2}\right)^2}{2} - P_{Ue} * \left(x - \frac{te}{2}\right)$$

Tabla 34

Fuerzas cortantes y Momento Flector

X	Fuerza Cortante (Vx)	Momento Flector (Mx)
0.25	- 23.08	- 2.88
0.74	- 8.53	- 10.63
1.15	3.64	- 11.63

Fuente: Elaboración Propia

- Calculamos fuerzas y momentos internos para zapata interior (Derecha a Izquierda)

Para $0 \leq X \leq 1.25\text{m}$

$$V_x = q_2 * x$$

$$M_x = q_2 * \frac{x^2}{2}$$

Tabla 35

Fuerza cortante y Momento Flector de la zapata interior

X	Fuerza Cortante (Vx)	Momento Flector (Mx)
0.10	- 3.43	0.17
0.65	- 22.29	7.24
1.23	- 42.01	25.73

Fuente: Elaboración Propia

Para $1.25 \leq X \leq 2.50$

$$V_x = q_2 * x - q_{vc} * \left(x - \frac{A_2}{2}\right) - P_{Ui}$$

$$M_x = q_2 * \frac{x^2}{2} - q_{vc} * \frac{\left(x - \frac{A_2}{2}\right)^2}{2} - P_{Ui} * \left(x - \frac{A_2}{2}\right)$$

Tabla 36

Fuerzas cortantes y Momento Flector de la viga de cimentación

X	Fuerza Cortante (Vx)	Momento Flector (Mx)
1.23	43.92	25.73
1.84	23.17	5.10
2.45	2.59	- 2.76

Fuente: Elaboración Propia

- Calculamos refuerzo de acero negativo de viga de cimentación.

- Datos de diseño.

$$M_x = -11.63 \text{ Tn} - \text{m}$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = 49 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.90$$

- Calculamos la cuantía

$$p = \frac{1.7 * f'_c * B}{f_y}$$

$$p = \frac{1.7 * 210 * 30}{4200}$$

$$p = 2.55$$

- Cálculo de acero requerido

$$A_s = \frac{1}{2} * \left(p * d - \sqrt{(p * d)^2 - \frac{4 * M_u * p}{\phi * f_y}} \right)$$

$$A_s = \frac{1}{2} * \left(49 * 2.55 - \sqrt{(49 * 2.55)^2 - \frac{4 * 11.63 * 10^5 * 2.55}{0.9 * 4200}} \right)$$

$$A_s = 6.63 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero mínimo.

$$A_{smin} = \frac{14 * b_v * d_v}{f_y}$$

$$A_{smin} = \frac{14 * b_v * d_v}{f_y}$$

$$A_{smin} = \frac{14 * 30 * 49}{4200}$$

$$A_{smin} = 4.90 \text{ cm}^2$$

Se usará las siguientes varillas: 3 de 5/8" + 1 de 5/8"

- Calculamos refuerzo de acero positivo de viga de cimentación.
- Datos de diseño.

$$M_x = 25.73 \text{ Tn} - \text{m}$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = 49 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.90$$

- Calculamos la cuantía

$$p = \frac{1.7 * f'c * B}{f_y}$$

$$p = \frac{1.7 * 210 * 30}{4200}$$

$$p = 2.55$$

- Cálculo de acero requerido

$$A_s = \frac{1}{2} * \left(p * d - \sqrt{(p * d)^2 - \frac{4 * M_u * p}{\phi * f_y}} \right)$$

$$A_s = \frac{1}{2} * \left(49 * 2.55 - \sqrt{(49 * 2.55)^2 - \frac{4 * 25.73 * 10^5 * 2.55}{0.9 * 4200}} \right)$$

$$A_s = 15.93 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero mínimo.

$$A_{smin} = \frac{14 \cdot b_v \cdot d_v}{f_y}$$

$$A_{smin} = \frac{14 \cdot b_v \cdot d_v}{f_y}$$

$$A_{smin} = \frac{14 \cdot 30 \cdot 49}{4200}$$

$$A_{smin} = 4.90 \text{ cm}^2$$

Se usará las siguientes varillas: 3 de 5/8" + 2 de 1" + 1 de 1/2"

- Diseño por Corte (estribos).
- Usaremos el mayor valor de fuerza cortante

a) Para la posición $X = t_e + d$ de zapata exterior

$$X = 0.25 + 0.49 = 0.74$$

$$V_{ud1} = V_{x=0.74} = -8.53 \text{ Tn}$$

En el borde de la zapata

$$V_{ue1} = V_{x=1.15} = 3.64 \text{ Tn}$$

b) Para la posición $X = A/2 + t_e/2 + d$ de zapata interior

$$X = 2.45/2 + 0.25/2 + 0.49 = 1.87$$

$$V_{ud2} = V_{x=1.84} = 23.17 \text{ Tn}$$

En el borde de la zapata

$$V_{ue2} = V_{x=2.45} = 2.59 \text{ Tn}$$

Entonces:

$$V_{ud2} = 23.17 \text{ Tn}$$

- Cálculo de cortante admisible del concreto de la Viga de Cimentación

$$V_u = \phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_u = \phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 30 * 49$$

$$V_u = 9.60 \text{ Tn}$$

Como $V_{ud2} > V_u$, requiere diseño de estribos.

- Cálculo de refuerzo por cortante

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s$$

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

$$V_s = \frac{23.117 - 9.60}{0.85}$$

$$V_s = 15.97 \text{ Tn}$$

- Distancia máxima de estribos

Si $V_s < 1.1 * \sqrt{f'c} * b * d$, entonces $S_{\max} = d/2$

$$15.97 \text{ Tn} < 23.43 \text{ Tn}$$

Usamos:

$$S_{\max} = 49/2$$

$$S_{\max} = 24.50 \text{ cm}$$

- Cálculo de acero de estribo, asumimos $S=25\text{cm}$

$$A_v = \frac{S * V_s}{f_y * d}$$

$$A_v = \frac{25 * 15.97 * 1000}{4200 * 49}$$

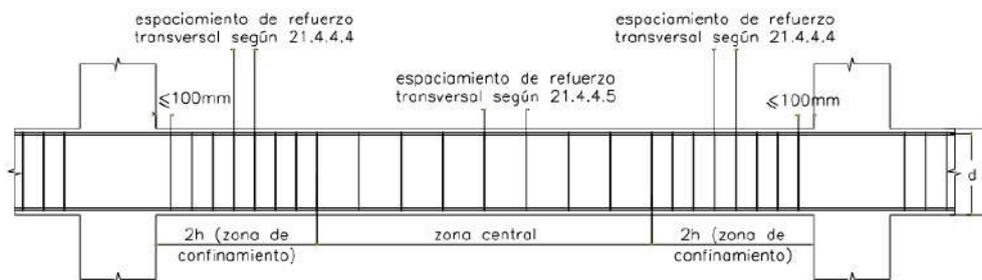
$$A_v = 1.21 \text{ cm}^2$$

Usaremos 1 estribos de 3/8”.

- Para la distribución de estribos usaremos el artículo 21.4.4.5 de la norma E0.60.

Figura 69

Requerimiento de estribos de viga.



Fuente: Norma E0.60

Hallamos el menor espaciamiento para estribos de la zona de confinamiento.

a) $\frac{d}{4} \leq 15 \text{ cm}$

$$\frac{49}{4} \leq 15 \text{ cm}$$

$$12.25 \leq 15 \text{ cm}$$

b) $10 * db$ (diámetro de varilla longitudinal de menor diámetro)

b) 15.87 cm

c) $24 * db$ (diámetro de estribo)

c) 22.86 cm

d) 30 cm

Se tomará el valor de 12 cm para la zona de confinamiento.

Para este diseño usaremos las columnas más cargadas. En este caso serán las que se encuentran en el eje F-1 y F-2.

Tabla 37

Datos para diseño.

Cargas y dimensiones.					
Columna Externa			Columna Interna		
Pd =	78.22	Tn	Pd =	140.62	Tn
Pl =	22.64	Tn	Pl =	45.09	Tn
te =	0.80	m	te =	0.60	m
be =	0.35	m	be =	0.60	m
f _c =	210.00	Kg/cm ²	f _c =	210.00	Kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38

Datos de terreno.

Cimentación		
df =	2.20	m
S/C =	0.4	Kg/m ²
γ _{prom} =	1.73	tn/m ³
σ _t =	1.33	Kg/cm ²
f _c =	210	Kg/cm ²
f _y =	4200	Kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia.

Distancia entre ejes de columnas

$$L_v = 7.84 \text{ m}$$

Cálculo de esfuerzo Neto del Suelo

$$\sigma_{\text{neto}} = \sigma_t + \gamma_{\text{prom}} * D_f - s/c$$

$$\sigma_{\text{neto}} = 13.3 + 1.73 * 2.2 - 0.4$$

$$\sigma_{\text{neto}} = 9.09 \text{ tn/m}^2$$

Predimensionamiento de Viga de Cimentación

- Según normativa

$$L_{\text{mayor}} = 7.84 \text{ m}$$

$$h = \frac{L_{\text{mayor}}}{8} = \frac{784 \text{ cm}}{8} = 98.00 \text{ cm}$$

$$b = \frac{h}{2} \geq 25 \text{ cm}$$

$$b = \frac{98.00}{2} \geq 25 \text{ cm}$$

- Dimensión del proyecto

H=60cm, **NO CUMPLE.**

b= 30cm, **NO CUMPLE.**

- Para el replanteo de diseño usaremos una viga de cimentación de 35x100.

Carga distribuida de la Viga de cimentación.

$$q_{vc} = 1.4 * \gamma_{\text{conc}} * b * h$$

$$q_{vc} = 1.4 * 2.4 * 0.35 * 1.00$$

$$q_{vc} = 1.18 \text{ Tn/cm}^2$$

Amplificación de Cargas (Cargas últimas).

- Para Columna externa

$$P_{Ue} = 1.4Cm + 1.7Cv$$

$$P_{Ue} = 1.4(78.22) + 1.7(22.64)$$

$$P_{Ue} = 148.00 \text{ Tn}$$

- Para Columna Interna

$$P_{Ui} = 1.4Cm + 1.7Cv$$

$$P_{Ui} = 1.4(140.62) + 1.7(42.09)$$

$$P_{Ui} = 273.52 \text{ Tn}$$

Predimensionamiento de Zapatas

- Zapata Externa

Se considera las dimensiones de A y B, donde B es 2A.

$$2A^2 = \frac{1.25 * P_{Ue}}{\sigma_{neto}}$$

$$A = \sqrt{\frac{1.25 * P_{Ue}}{2 * \sigma_{neto}}}$$

$$A = \sqrt{\frac{1.25 * 148.00}{2 * 9.09}}$$

$$A = 2.65\text{m}$$

$$B = 5.30\text{m}$$

Se considera las dimensiones de A y B, donde A es igual B.

$$A^2 = \frac{1.25 * P_{Ui}}{\sigma_{neto}}$$

$$A = \sqrt{\frac{1.25 * P_{Ue}}{\sigma_{neto}}}$$

$$A = \sqrt{\frac{1.25 * 273.52}{9.09}}$$

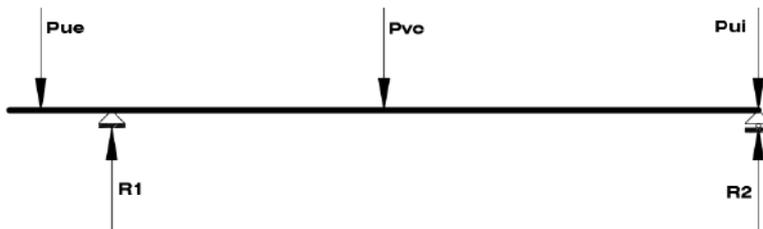
$$A = 5.10\text{m}$$

$$B = 5.10\text{m}$$

Figura 71

Modelo para diseño de zapatas.

Para el caso de zapatas Conectadas con viga de cimentación, el modelo será el siguiente:



Fuente: Elaboración Propia.

Hallamos la reacción R1

$$R_1 = P_{Ue} * (A_1 - te/2) + q_{vc} * (Lv)^2/2 / (Lv - (A_1/2 - te/2))$$

$$R_1 = 148.00 * (2.65 - 0.80/2) + 1.18 * (7.84)^2/2 / (7.84 - (2.65/2 - 0.80/2))$$

$$R_1 = 164.46 \text{ Tn}$$

Hallamos la reacción R2

$$\sum F_y = 0$$

$$R_2 = P_{Ue} * Lv + P_{Ue} + P_{Ui} - R_1$$

$$R_2 = 1.18 * 7.84 + 148.00 + 273.52 - 164.46$$

$$R_2 = 266.28 \text{ Tn}$$

Hallamos el esfuerzo último.

- Calculamos el factor de amplificación

$$UR = \frac{P_{Ue} + P_{Ui}}{P_e + P_i}$$

$$UR = \frac{148.00 + 273.52}{100.86 + 185.71}$$

$$UR = 1.47$$

- Calculamos el Esfuerzo último

$$\sigma_{ult} = \sigma_{neto} * UR$$

$$\sigma_{ult} = 9.09 * 1.47$$

$$\sigma_{ult} = 13.38 \text{ Tn/m}$$

Dimensionamiento de Zapatas

- Zapata Externa

Se considera las dimensiones de A y B, donde B es 2A.

$$2A^2 = \frac{R_1}{\sigma_{ult}}$$

$$A = \sqrt{\frac{R_1}{2 * \sigma_{ult}}}$$

$$A = \sqrt{\frac{166.70}{2 * 13.38}}$$

$$A = 2.50\text{m}$$

$$B = 5.00\text{m}$$

- Zapata Interna

Se considera las dimensiones de A y B, donde A es igual B.

$$m = \frac{-(b_e + t_e) + \sqrt{(b_e + t_e)^2 - 4((b_e * t_e - A_z))}}{4}$$

$$m = \frac{-(0.60 + 0.60) + \sqrt{(0.60 + 0.60)^2 - 4(0.60 * 0.60 - \frac{267.99}{13.38})}}{4}$$

$$m = 1.96. m$$

$$A = t_e + 2 * m$$

$$A = 4.55m$$

$$B = b_e + 2 * m$$

$$B = 4.55m$$

Diseño de refuerzo longitudinal de Viga de cimentación

- Cálculo de la reacción última del suelo (Tn/m)

Para zapata exterior

$$q_1 = \frac{R_1}{A_1}$$

$$q_1 = \frac{164.46}{2.50}$$

$$q_1 = 65.78 \text{ n/m}$$

Para zapata interior

$$q_2 = \frac{R_2}{A_2}$$

$$q_2 = \frac{266.28}{4.55}$$

$$q_2 = 58.52 \text{ Tn/m}$$

- Calculamos fuerzas y momentos internos para zapata exterior (Izquierda a Derecha).

Para $0 \leq X \leq 0.80/2$

$$V_x = q_1 * x$$

$$M_x = q_1 * \frac{x^2}{2}$$

Tabla 39

Fuerzas y Momentos.

X	Fuerza Cortante (Vx)	Momento Flector (Mx)
0.00	0.00	0.00
0.10	6.58	0.33
0.20	13.16	1.32
0.80	52.63	21.05

Fuente: Elaboración Propia

Para $0.80/2 \leq X \leq 1.15$

$$V_x = q_1 * x - q_{vc} * \left(x - \frac{te}{2}\right) - P_{Ue}$$

$$M_x = q_1 * \frac{x^2}{2} - q_{vc} * \frac{\left(x - \frac{te}{2}\right)^2}{2} - P_{Ue} * \left(x - \frac{te}{2}\right)$$

Tabla 40

Fuerzas cortantes y Momento Flector

X	Fuerza Cortante (Vx)	Momento Flector (Mx)
0.80	- 95.84	- 38.24
1.74	- 35.11	- 99.79
2.50	13.99	107.81

Fuente: Elaboración Propia

- Calculamos fuerzas y momentos internos para zapata interior (Derecha a Izquierda)

Para $0 \leq X \leq 2.28\text{m}$

$$V_x = q_2 * x$$

$$M_x = q_2 * \frac{x^2}{2}$$

Tabla 41

Fuerza cortante y Momento Flector de la zapata interior

X	Fuerza Cortante (Vx)	Momento Flector (Mx)
0.10	- 5.85	0.29
0.65	- 38.08	12.36
2.28	- 133.14	151.45

Fuente: Elaboración Propia

Para $2.28 \leq X \leq 4.55$

$$V_x = q_2 * x - q_{vc} * \left(x - \frac{A_2}{2}\right) - P_{Ui}$$

$$M_x = q_2 * \frac{x^2}{2} - q_{vc} * \frac{\left(x - \frac{A_2}{2}\right)^2}{2} - P_{Ui} * \left(x - \frac{A_2}{2}\right)$$

Tabla 42

Fuerzas cortantes y Momento Flector de la viga de cimentación

X	Fuerza Cortante (Vx)	Momento Flector (Mx)
2.28	140.38	151.45
3.52	68.57	21.46
4.55	9.92	- 19.52

Fuente: Elaboración Propia

- Calculamos refuerzo de acero negativo de viga de cimentación.

- Datos de diseño.

$$M_x = -107.81 \text{ Tn} - \text{m}$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = 94 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.90$$

- Calculamos la cuantía

$$p = \frac{1.7 * f'_c * B}{f_y}$$

$$p = \frac{1.7 * 210 * 35}{4200}$$

$$p = 2.98$$

- Cálculo de acero requerido

$$A_s = \frac{1}{2} * \left(p \cdot d - \sqrt{(p \cdot d)^2 - \frac{4 \cdot M_u \cdot p}{\phi \cdot f_y}} \right)$$

$$A_s = \frac{1}{2} * \left(94 * 2.98 - \sqrt{(94 * 2.98)^2 - \frac{4 * 106.12 * 10^5 \cdot 2.98}{0.9 * 4200}} \right)$$

$$A_s = 34.63 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero mínimo.

$$A_{smin} = \frac{14 \cdot b_v \cdot d_v}{f_y}$$

$$A_{smin} = \frac{14 \cdot b_v \cdot d_v}{f_y}$$

$$A_{smin} = \frac{14 * 35 * 94}{4200}$$

$$A_{smin} = 10.97 \text{ cm}^2$$

Se usará las siguientes varillas: 3 de 1" + 3 de 1" + 1 de 1"

- Calculamos refuerzo de acero positivo de viga de cimentación.
- Datos de diseño.

$$M_x = 152.42 \text{ Tn} - \text{m}$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = 94 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.90$$

- Calculamos la cuantía

$$p = \frac{1.7 * f'c * B}{f_y}$$

$$p = \frac{1.7 * 210 * 35}{4200}$$

$$p = 2.98$$

- Cálculo de acero requerido

$$A_s = \frac{1}{2} * \left(p \cdot d - \sqrt{(p \cdot d)^2 - \frac{4 \cdot M_u \cdot p}{\phi \cdot f_y}} \right)$$

$$A_s = \frac{1}{2} * \left(94 * 2.98 - \sqrt{(94 * 2.98)^2 - \frac{4 * 152.42 * 10^5 \cdot 2.98}{0.9 * 4200}} \right)$$

$$A_s = 52.47 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero mínimo.

$$A_{smin} = \frac{14 \cdot b_v \cdot d_v}{f_y}$$

$$A_{smin} = \frac{14 \cdot b_v \cdot d_v}{f_y}$$

$$A_{smin} = \frac{14 \cdot 35 \cdot 94}{4200}$$

$$A_{smin} = 10.97 \text{ cm}^2$$

Se usará las siguientes varillas: 3 de 1" + 3 de 1 1/4"

- Diseño por Corte (estribos).
- Usaremos el mayor valor de fuerza cortante

a) Para la posición $X = t_e + d$ de zapata exterior

$$X = 0.80 + 0.94 = 1.74$$

$$V_{ud1} = V_{x=1.74} = -35.11 \text{ Tn}$$

En el borde de la zapata

$$V_{ue1} = V_{x=2.50} = 13.99 \text{ Tn}$$

b) Para la posición $X = A/2 + t_e/2 + d$ de zapata interior

$$X = 4.55/2 + 0.80/2 + 0.94 = 3.52$$

$$V_{ud2} = V_{x=3.52} = 69.27 \text{ Tn}$$

En el borde de la zapata

$$V_{ue2} = V_{x=4.55} = 9.92 \text{ Tn}$$

Entonces:

$$V_{ud2} = \mathbf{69.27 \text{ Tn}}$$

- Cálculo de cortante admisible del concreto de la Viga de Cimentación

$$V_u = \phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_u = \phi V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 35 * 94$$

$$V_u = 21.48 \text{ Tn}$$

Como $V_{ud2} > V_u$, requiere diseño de estribos.

- Cálculo de refuerzo por cortante

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s$$

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

$$V_s = \frac{68.57 - 21.48}{0.85}$$

$$V_s = 56.23 \text{ Tn}$$

- Distancia máxima de estribos

Si $V_s < 1.1 * \sqrt{f'_c} * b * d$, entonces $S_{\max} = d/2$

$$56.23 \text{ Tn} < 68.57 \text{ Tn}$$

Usamos:

$$S_{\max} = 94/2$$

$$S_{\max} = 47.00 \text{ cm}$$

- Cálculo de acero de estribo, asumimos $S=30 \text{ cm}$

$$A_v = \frac{S * V_s}{f_y * d}$$

$$A_v = \frac{30 * 44.58 * 1000}{4200 * 94}$$

$$A_v = 3.39 \text{ cm}^2$$

Usaremos 2 estribos de 3/8".

- Para la distribución de estribos usaremos el artículo 21.4.4.5 de la norma E0.60.

Figura 72

Requerimiento de estribos de viga.



Fuente: Norma E0.60

Hallamos el menor espaciamiento para estribos de la zona de confinamiento.

a) $\frac{d}{4} \leq 15 \text{ cm}$

$$\frac{94}{4} \leq 15 \text{ cm}$$

$$23.50 \leq 15 \text{ cm}$$

b) $10 * d_b$ (diámetro de varilla longitudinal de menor diámetro)

b) 19.05 cm

c) $24 * d_b$ (diámetro de estribo)

c) 30.48 cm

d) 30 cm

Se tomará el valor de 15 cm para la zona de confinamiento.

- Distribución de acero.

Para la zona de confinamiento: 15cm

$$\text{Cantidad de acero } n = \frac{2h}{s} = \frac{2 \cdot 100}{15} = 14$$

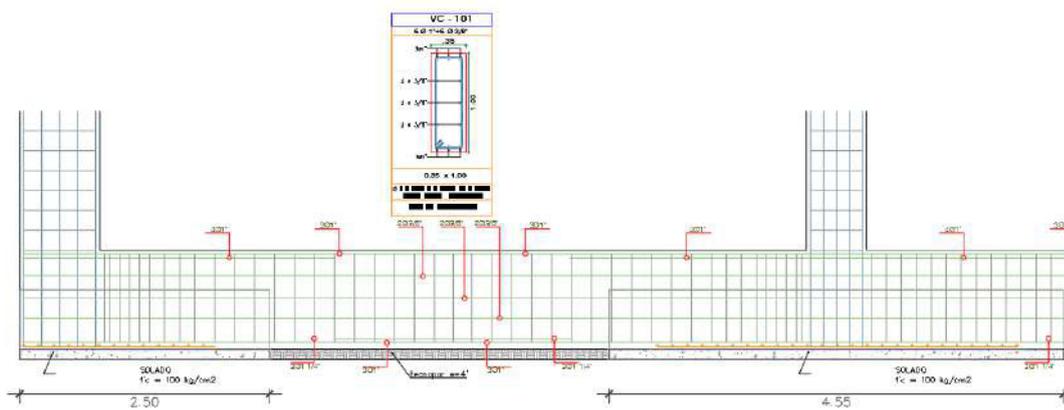
Para la zona central: 30cm

- Finalmente, usaremos la siguiente distribución:

□ 2 1/2" 1@5cm, 14@15cm, resto@30cm.

Figura 73

Plano de Viga de cimentación



Fuente: Elaboración Propia

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

- Como hipótesis principal el análisis de suelos arcillosos influye significativamente para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024, consideramos que sí, ya que, al diseñar vigas de cimentación conectadas, las distribuciones de las cargas en las vigas se diseñan para soportar tanto cargas axiales como momentos flectores derivados de asentamientos diferenciales, además debido a posibles expansiones del suelo, las vigas deben situarse por debajo de la capa activa (profundidad de cambios estacionales de humedad). Terzagui (Braja M. Das) Menciona: Los suelos arcillosos tienen características específicas que influyen en el comportamiento de las cimentaciones, como su alta plasticidad, capacidad de retener agua y tendencia a expandirse o contraerse con los cambios en la humedad, lo que genera movimientos diferenciales que afectan la estabilidad de las estructuras. Es por esta razón, determinamos las vigas de cimentación en esta primera propuesta ya que es recomendable para suelos de baja alta y baja capacidad de carga, asimismo ha sido recomendable para esta edificación de 5 pisos.
- Como hipótesis específica, el esfuerzo de comprensión y tensión del concreto en vigas en suelos arcillosos muestra un mejor comportamiento en el diseño de cimentación en el distrito de Villa Rica Pasco 2024, consideramos que, según los cálculos obtenidos, al ser un distrito en clima húmedo, optamos con diseñar cimentaciones conectadas para mejorar la rigidez estructural y evitar que las tensiones por asentamientos diferenciales afecten a las vigas individuales. La inclusión de refuerzos adicionales en la armadura de las vigas puede mejorar el comportamiento del concreto tanto en compresión como en tensión.
- Como hipótesis específica, El análisis estructural influye para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas para suelos arcillosos en el distrito de Villa Rica Pasco 2024, determinamos que si ya que permite comprender las cargas y los

movimientos diferenciales del suelo que podrían afectar la estabilidad de la estructura. Con un diseño adecuado basado en este análisis, es posible minimizar los problemas comunes de los suelos arcillosos, como los asentamientos y las deformaciones, garantizando así la seguridad y durabilidad de la cimentación a largo plazo. (Alva, 2011) En su libro Diseño de Cimentaciones, se explica que el esfuerzo permisible transmitido se obtiene observando que la presión máxima (p máxima) no cause daños estructurales bajo diversas condiciones de suelo. La presión admisible es válida para tamaños de cimentación y tipos de estructuras estándar, para los cuales se han establecido reglas prácticas que permiten garantizar la estabilidad y seguridad. Estas reglas son fundamentales para asegurar que las cimentaciones sean diseñadas de manera adecuada para soportar las cargas sin comprometer la integridad de la estructura, considerando las características específicas del terreno y las normativas vigentes.

- Como hipótesis específica, La clasificación del suelo arcilloso influye para cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024, consideramos que sí, este análisis determina las propiedades del suelo, como su capacidad de carga y comportamiento frente a la humedad, lo cual afecta directamente el tipo de cimentación a utilizar. Sin un adecuado análisis y clasificación del suelo, las cimentaciones podrían ser ineficaces, lo que pondría en riesgo la estabilidad de la estructura.

VI. CONCLUSIONES

- Como conclusión principal se logró determinar el análisis de suelos arcillosos para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación- conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024, para los cálculos realizados analizamos, que es mejor el diseño es con vigas conectadas que en cimentación, al hacer la comparativa, este distribuye las cargas de manera uniforme y ayuda a evitar los efectos negativos de la expansión o contracción del suelo arcilloso. Por lo tanto, el análisis de suelos arcillosos es un factor decisivo para garantizar la estabilidad, durabilidad y seguridad de las estructuras que se construyan en Villa Rica, minimizando los riesgos asociados a este tipo de terreno, asimismo, en el análisis realizado se determinó la incidencia del suelo en:

- ✓ La clasificación de las cimentaciones superficiales de un edificio de concreto armado de 5 pisos.
- ✓ En los criterios de diseño de la cimentación superficial a construir en un edificio de concreto armado.
- ✓ En el diseño de la estructura de la cimentación superficial.

Esto se comprobó que esta relación cimentaciones vs suelos se comportan estadísticamente como una regresión lineal e inversamente proporcional.

- El análisis de suelos arcillosos es esencial para diseñar cimentaciones con vigas conectadas, ya que permite prever los esfuerzos de compresión y tensión que afectarán al concreto. Este análisis garantiza que las cimentaciones sean lo suficientemente resistentes y flexibles para soportar los movimientos característicos de suelos expansivos, como los presentes en Villa Rica, Pasco, en 2024. El diseño cumple con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) de Perú y las normativas aplicables para cimentaciones en zonas sísmicas y con suelos problemáticos. Esto garantiza la seguridad estructural y la aprobación regulatoria del proyecto.

- El análisis estructural tiene un papel crucial en el diseño de cimentaciones utilizando vigas de cimentación conectadas en suelos arcillosos en el distrito de Villa Rica, Pasco, 2024, debido a las características únicas de este tipo de terreno, un análisis estructural detallado es indispensable para diseñar cimentaciones eficaces en suelos arcillosos, ya que permite prever y mitigar los desafíos asociados a este tipo de terreno, garantizando así la estabilidad y durabilidad de las estructuras construidas en el distrito de Villa Rica, Pasco, además, su diseño se consideró refuerzos adicionales para manejar momentos flectores y fuerzas de corte derivadas de las condiciones del terreno y la carga estructural.
- Las propiedades expansivas del suelo arcilloso en Villa Rica exigen el uso de vigas de cimentación conectadas, con el fin de asegurar tanto la seguridad como la eficiencia de las cimentaciones. Estas vigas se adaptan a las características particulares del terreno, proporcionando una respuesta adecuada frente a las tensiones del suelo. Dado que Villa Rica se encuentra en una zona de alta sismicidad, las cimentaciones conectadas han demostrado ser efectivas para resistir movimientos laterales y cargas dinámicas. El diseño se basó en análisis estructurales avanzados que incluyeron modelos de interacción suelo-estructura, asegurando así la estabilidad de la edificación durante un sismo, minimizando riesgos y garantizando la integridad de la estructura en condiciones sísmicas extremas.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que este estudio sea enviado a las diferentes instituciones gubernamentales para su conocimiento y recomendaciones pertinentes.
- Se recomienda desarrollar mayores pruebas con diferentes datos de cargas para analizar la relación y su comportamiento en la relación suelo cimentación.
- Las propiedades expansivas del suelo arcilloso en Villa Rica condicionan la necesidad de utilizar vigas de cimentación conectadas para garantizar la seguridad y eficiencia de las cimentaciones, adaptándose a las particularidades del terreno.
- Se recomienda utilizar una mezcla de concreto adecuada con resistencia mínima a la compresión (ensayada para condiciones locales). Adicionalmente, reforzar las vigas con acero para resistir mejor los esfuerzos de tensión y compresión generados por el movimiento del suelo.
- Se recomienda que se debe fundamentarse en un análisis geotécnico detallado, con el uso de materiales adecuados y tecnologías preventivas como sistemas de drenaje y cimentaciones profundas si el suelo lo requiere. La correcta ejecución y monitoreo continuo son clave para garantizar la estabilidad estructural en este tipo de terreno desafiante.

VIII. REFERENCIAS

- Almerich et al. (2010). La relación entre la integración de las tecnologías de la información y comunicación y su conocimiento. 49. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2833/283321938003.pdf>
- Alva, H. (2011). *Cimentaciones superficiales* (Primera ed.). (V. L. Guzman, Ed.) Lima, Lima, Perú: Guzlop. Obtenido de https://www.jorgealvahurtado.com/files/Diseno_Cimentaciones.pdf
- Amico. (2023). *Conozca los principales frenos a la producción de vivienda social en el Perú*. Obtenido de <https://constructivo.com/noticia/conozca-los-principales-frenos-a-la-produccion-de-vivienda-social-en-el-peru-1682019557>
- Angulo, M. (2024). *Suelo Arcilloso: Propiedades y plantas ideales para este*. Obtenido de <https://graciasnaturaleza.com/suelo-arcilloso/>
- Bautista et al. (2022). *Análisis y Diseño de Vigas de Cimentación*. Lima. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-toribio-rodriguez-de-mendoza-de-amazonas/ingenieria-civil/informe-vigas-de-cimentacion/38683431>
- Becerra, y Quiroz. (2021). “*Variación del peralte en vigas conectadas para optimizar el diseño estructural de zapatas conectadas en una vivienda en Cajamarca, 2021*”. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/68264/Becerra_PK-Quiroz_GON-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- (s.f.). *Diseño estructural de cimentaciones*.
- Fernandez, y Lopez. (2019). “*Análisis y diseño estructural del estadio municipal de Socota, distrito de Socota, provincia de cutervo, departamento de Cajamarca*”. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/1612/BC-TES-TMP-441.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Flor, y Torres. (2017). *Estabilización de suelos arcillosos para el mejoramiento de propiedades mecánicas con la adición de cloruro de sodio, puente piedra, Lima 2020*. Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/27662>
- Gamarra. (2021). “*Análisis de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos con adición de escoria de metales, Perú 2021*”. Trujillo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/31134>
- Garza. (2000). *Diseño y construcción de cimentación*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/CarlosManayayRinza/diseo-de-cimentaciones>

- Hernandez, y Sampieri. (2018). *Tipos, alcances y diseños de investigación*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://blogs.ugto.mx/mdued/wp-content/uploads/sites/66/2022/10/Tipos-alcances-y-disenos-de-investigacion-paginas-66-79.pdf
- Hernández et al. (2016). *Selección de muestra*. 7. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://metabase.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/2776/506_6.pdf
- Melchor et al. (2017). *Cuaderno de Apuntes Analisis estructural*. Baja California. Obtenido de http://ing.ens.uabc.mx/docencia/apuntes/civil/analisis_estructural.pdf
- Meléndez, Oviedo, Rodriguez, y Venegas. (2020). *Desempeño del pavimento con mezcla reciclada-RAP y grano*. Bogotá. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.unicolmayor.edu.co/bitstream/handle/unicolmayor/5382/GRUPO%206%20A.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mendoza. (2022). *Análisis y diseño de vigas de cimentación*. Obtenido de https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-toribio-rodriguez-de-mendoza-de-amazonas/ingenieria-civil/informe-vigas-de-cimentacion/38683421
- Monje. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa Guia didactico*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf
- Puy. (2005). *Mecánica de Suelos*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3282/53973-5.pdf
- Rica, V. (s.f.). *Villa Rica "Tierra del Café mas fino del mundo"*. Obtenido de https://es-es.facebook.com/VillaRicaTierraDelCafe/
- Roa, y Vidal. (2019). *Evaluación tecnico-económica de cimentaciones en terreno con baja capacidad portante, caso: Edificio marañon de Huamachuco, la Perla, Callao 2019*. Perú. Obtenido de https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2629/PROYETO%20TESIS%20FINAL.pdf?sequence=1
- Sánchez et al. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística* (Primera ed.). Lima, Perú. Obtenido de chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/
n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf

IX. ANEXOS

ANEXOS A:
Matriz de Consistencia

Tabla 43
Matriz de consistencia

ANÁLISIS DE SUELOS ARCILLOSOS PARA DISEÑAR CIMENTACIONES UTILIZANDO VIGAS DE CIMENTACIÓN - CONECTADAS EN EL DISTRITO DE VILLA RICA – PASCO – 2024

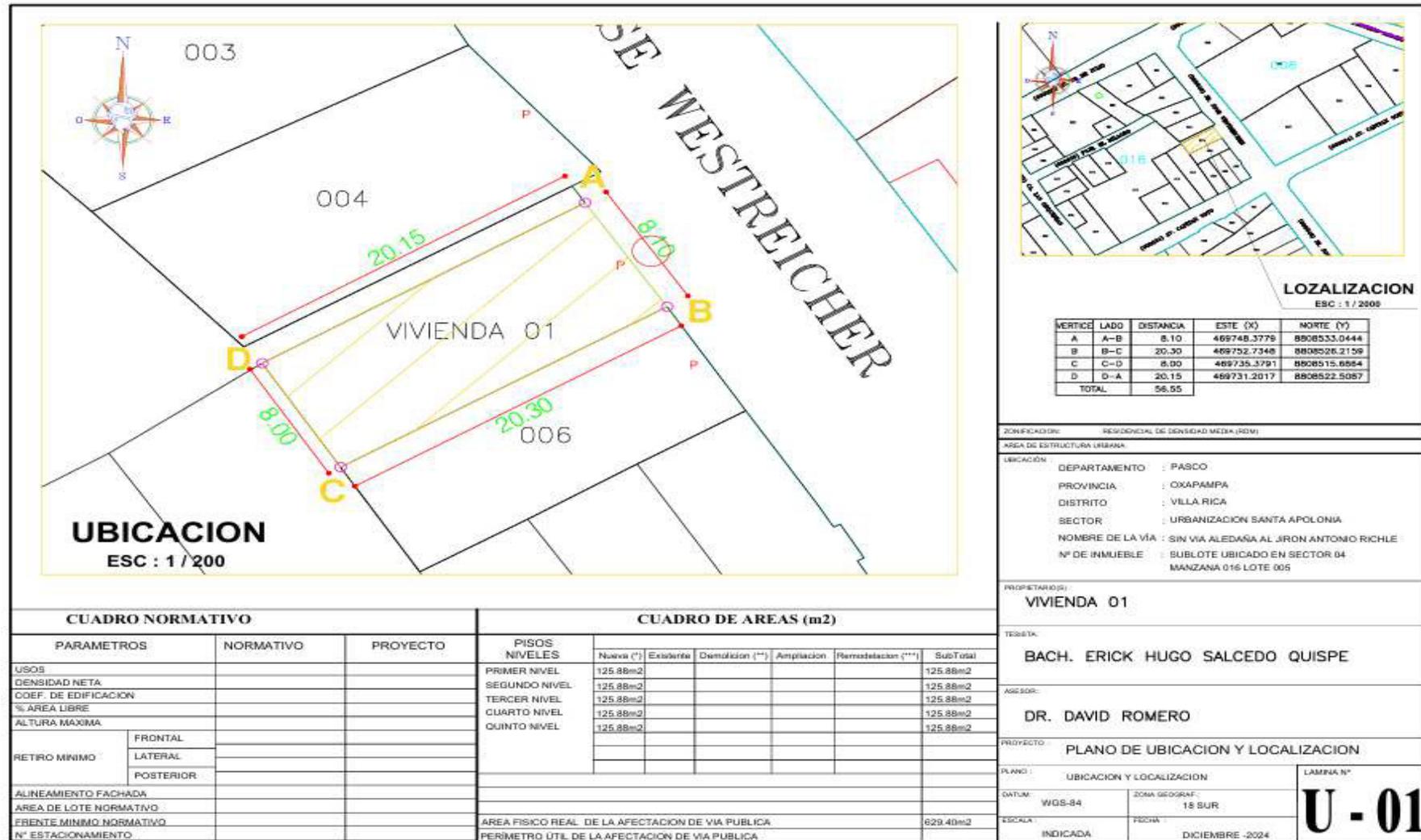
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología de la Investigación
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente			Diseño
¿Cómo influye el análisis de suelos arcillosos para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación-conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024?	Determinar el análisis de suelos arcillosos para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024	El análisis de suelos arcillosos influye significativamente para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024	Análisis de suelos arcillosos	granulometría	Análisis granulométrico	Experimental
						Nivel
						descriptivo
						Tipo
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente			Aplicada
a. ¿De qué manera el análisis de suelos arcillosos influye en el esfuerzo de comprensión y tensión del concreto en vigas para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación-conectadas en el distrito	a. Determinar el esfuerzo de comprensión y tensión del concreto en vigas para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación-conectadas en el	a. El esfuerzo de comprensión y tensión del concreto en vigas en suelos arcillosos muestra un mejor comportamiento en el diseño de cimentación en el	Diseño de cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024	Clasificación	Vigas de Cimentación	Población Conformada por 2 edificios unifamiliares entre 4-5 niveles ubicados en Jr. Westreicher N°180-200 del distrito de Villa Rica
					Vigas Conectadas	

de Villa Rica Pasco 2024?	distrito de Villa Rica Pasco 2024	distrito de Villa Rica Pasco 2024			
b. ¿Cómo influye el análisis estructural para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas para suelos arcillosos en el distrito de Villa Rica Pasco 2024?	b. Determinar el análisis estructural para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas para suelos arcillosos en el distrito de Villa Rica Pasco 2024	b. El análisis estructural influye para diseñar cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas para suelos arcillosos en el distrito de Villa Rica Pasco 2024	Criterios de diseño	Por su forma de Trabajo	Muestra
				Relación entre sus dimensiones	
Norma E0.50					
c. ¿Cómo el suelo arcilloso incide en la opción de cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024?	c. Identificar la clasificación del suelo arcilloso para cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024	c. La clasificación del suelo arcilloso influye para cimentaciones utilizando vigas de cimentación - conectadas en el distrito de Villa Rica Pasco 2024	Diseño de la estructura	Dimensionamiento de viga	Edificio unifamiliar de 5 niveles en el Jr. Westreicher N°180-200 del distrito de Villa Rica
				dimensionamiento de zapatas	

Fuente: Elaboración Propia.

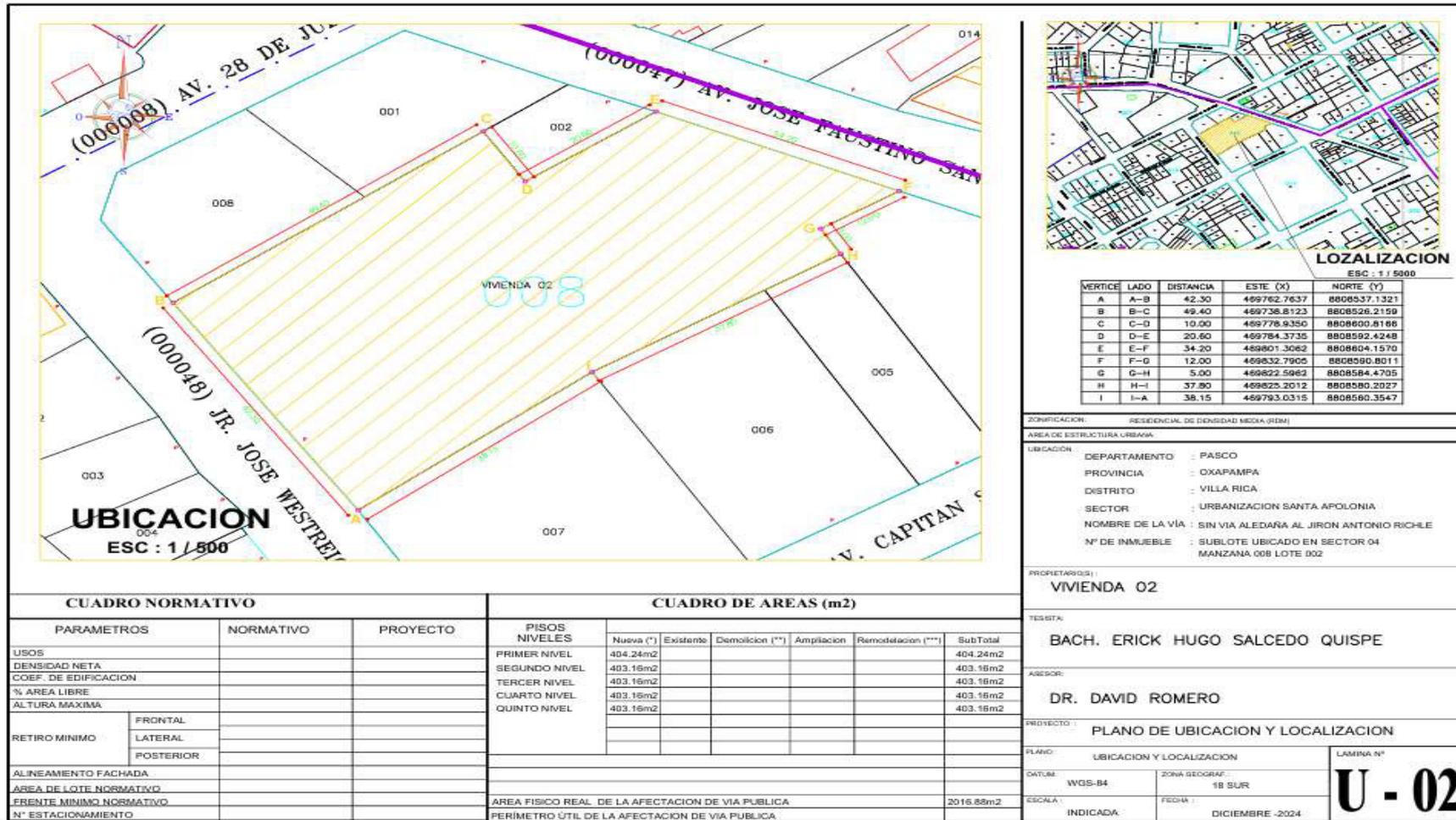
ANEXOS B:
Plano de Ubicación

Plano de Ubicación Vivienda 01



Fuente: Elaboración Propia

Plano de Ubicación Vivienda 02

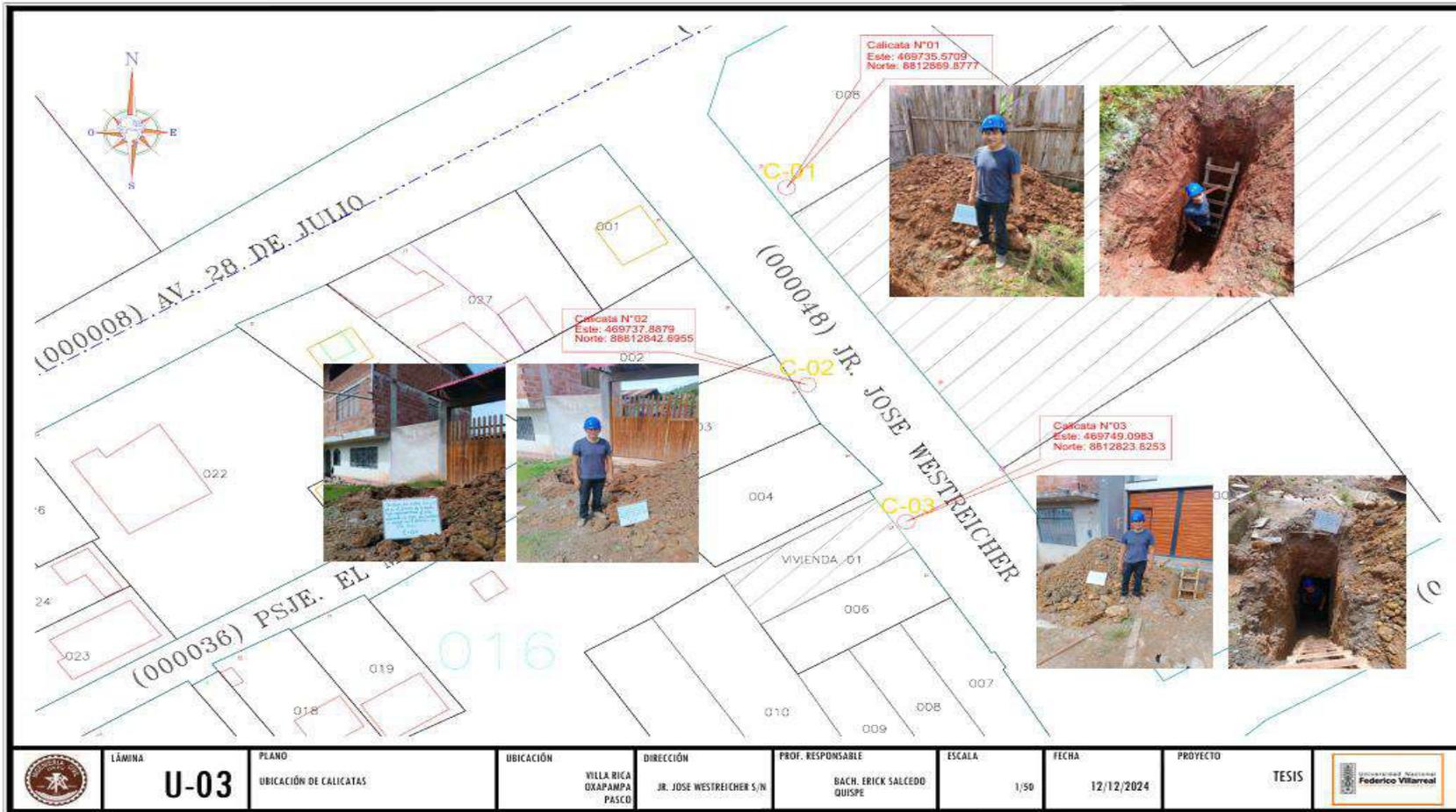


Fuente: Elaboración Propia

ANEXOS C:

Plano de Ubicación de calicatas

Plano de Ubicación Vivienda 02



Fuente: Elaboración Propia

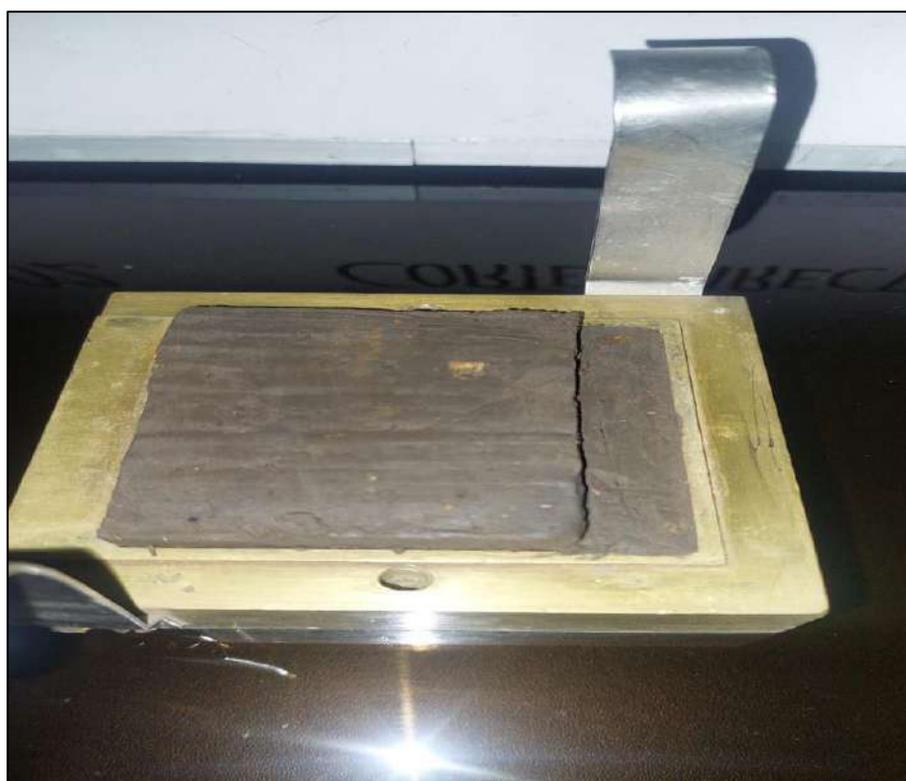
ANEXOS D:**Panel fotográfico de los ensayos del Laboratorio**

Ensayo de corte Directo



Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de corte Directo C-02



Fuente: Elaboración Propia

ANEXOS E:
Ensayos del Laboratorio

Análisis Granulométrico C-1

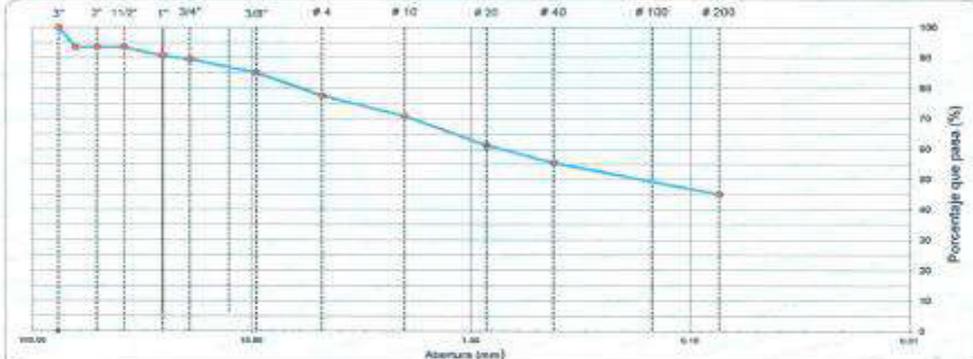


A&A TERRA LAB S.A.C.

Nº 19721

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO <small>(ASTM D6913 - NTP 339.126)</small>	<small>ABA-DC-PR-001-01</small> REVISIÓN 01 15/09/2016 Pág 1 de 1					
PROYECTO : PROYECTO DE TESIS							
SOLICITANTE : ERICK HUGO SALCEDO QUISEPÉ							
UBICACIÓN : VILLA RICA - OXAPAMPA							
MATERIAL : Material Propio		Fecha de ensayo: 05-04-2024					
SONDEO : C-1		Hecho por : Cesar Palacios					
TAMIZ	MESH (mm)	PESO RET. (mg)	PESO RES. (NET. PASC)	TRET. AC	% Q. PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		PESO TOTAL = 6,641.9 gr
2 1/2"	63.500	447.8	447.0	6.5	93.5		PESO MAT. < 3/4" = 6394 gr
2"	50.800		0.0	0.0	93.5		PESO FRACCIÓN = 677.4 gr
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	93.5		LÍMITE LÍQUIDO = 25.3 %
1"	25.400	481.8	153.0	2.3	90.8		LÍMITE PLÁSTICO = 13.3 %
3/4"	19.000	76.0	70.0	1.1	99.5		ÍNDICE PLÁSTICO = 12.7 %
1/2"	12.500	137.8	127.0	2.0	87.8		% GRAVA = 22.4%
3/8"	9.500	196.8	180.0	2.4	85.1		% ARENA = 32.4%
1/4"	6.350		0.0	0.0	85.1		% FINO = 45.1%
# 4	4.750	319.8	319.0	4.0	77.5		CLASIF. AASHTO = A-8 (2)
# 10	2.000	56.7	459.0	6.7	70.8		CLASIF. SUCCS = 90
# 20	0.850	71.0	351.8	5.5	58.7		% HUEMO NATURAL = 27.0 709.2 16.4
# 40	0.420	42.1	308.9	5.8	50.8		DESCRIPCIÓN
# 60	0.250	29.3	299.0	3.9	46.4		ARENA AROLLOSA CON ARENA
# 100	0.150	24.5	234.0	3.3	40.3		
# 200	0.075	22.7	217.6	3.2	34.9		
< # 250	FONDO	358.8	3,084.4	45.1	100.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA



Nº BALANZA: 1 PROCEDIMIENTO DE SECADO: HORNO SECADO: 8

OBSERVACIONES: La muestra fue proveída e identificada por el Solicitante.

<p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 0.8em;">ELABORADO POR:</p> <p style="font-size: 0.7em;">Firma: </p> <p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 0.8em;">ALDO MORALES A</p> <p style="font-size: 0.7em;">Nombre: _____</p> <p style="font-size: 0.7em;">Fecha: _____</p>	<p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 0.8em;">APROBADO POR:</p> <p style="font-size: 0.7em;">Firma: </p> <p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 0.8em;">CESAR PALACIOS</p> <p style="font-size: 0.7em;">Nombre: _____</p> <p style="font-size: 0.7em;">Fecha: _____</p>
--	--

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR - LIMA - PERU
 Teléfono (01) 908-0349 / Cel.: +51 999 030 506
 administracion@ayaterralab.com / gerencia@ayaterralab.com / www.ayaterralab.com

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Limite de consistencia C-1

A&A Terra Lab		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		A&A-QC-PR-003-01	
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LÍQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS ASTM D 4318				REVISIÓN: 01	
				Página	
				1 de 1	
DATOS DE LA MUESTRA					
PROYECTO	: PROYECTO DE RESIS				
SOLICITANTE	: ERICH HUO SALCEDO QUISPE				
UBICACION	: VILLA RICA - ORAPAMPA		CALICATA	: C-1	
MUESTRA	: MATERIAL PROPIO		FECHA	: 08/04/24	
PROF. (m)	: ---		HECHO POR	: FRANK LUNA MINOSTROZA	
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
Nº TARA		10	5	4	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	57.86	52.40	55.83	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	53.26	49.37	52.26	
PESO DE AGUA	(gr.)	3.70	3.03	3.57	
PESO DE LA TARA	(gr.)	49.52	37.32	37.93	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	13.47	11.55	14.36	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	27.47	26.23	24.88	
NÚMERO DE GOLPES		13	25	30	
LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)					
Nº TARA		2	1		PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	26.87	27.60		
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	26.21	26.62		
PESO DE LA TARA	(gr.)	21.17	20.50		
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.96	0.63		
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	5.04	6.20		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	13.10	13.26		13.2
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES Nº = 0.9832					
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA				Observaciones: Muestra provista e identificada por el solicitante.	
LIMITE LIQUIDO (%)				25.9	
LIMITE PLÁSTICO (%)				13.2	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)				12.7	
ELABORADO POR:			APROBADO POR:		
Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. <small>ING. ESPECIALISTA EN TECNICO</small>			Firma: A&A TERRA LAB S.A.C. FRANK LUNA MINOSTROZA <small>ING. ESPECIALISTA EN TECNICO</small>		
Nombre:			Nombre:		
Fecha:			Fecha:		
A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "P", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR - LIMA - PERU Teléfono (01) 908-0349 / Cel.: +51 999 030 506 administracion@ayaterralab.com / gerencia@ayaterralab.com / www.ayaterralab.com					

Fuente: Elaboración Propia

Análisis Granulométrico C-2

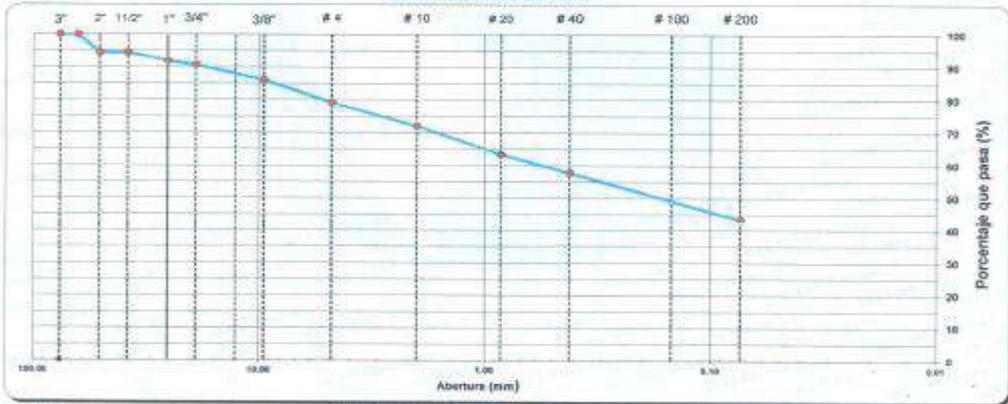


A&A TERRA LAB S.A.C.

Nº 19723

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO <small>(ASTM D6913 - NTP 339.128)</small>	<small>A&A-OC-PR-002-01</small> <small>REVISIÓN: 01</small> <small>15/09/2018</small> <small>Pag. 1 de 1</small>					
PROYECTO : PROYECTO DE TESIS							
SOLICITANTE : ERICK HUGO SALCEDO QUISPE							
UBICACIÓN : VILLA RICA - OXAPAMPA							
MATERIAL : Material Propio		fecha de ensayo: 06-04-2024					
SONDEO : C-2		Hecho por : Frank Luna					
TAMIZ	ABERT. (mm)	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. NETO PARCIAL	% RET. AD.	% Q PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		PESO TOTAL = 7.597.8 gr
2 1/2"	63.500		0.0	0.0	100.0		PESO MAT. < 4.4 = 3944 gr
2"	50.800	421.0	421.0	5.6	94.4		PESO FRACCION = 643.1 gr
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	94.4		LIMITE LIQUIDO = 25.5 %
1"	25.400	185.0	185.0	2.8	91.6		LIMITE PLASTICO = 11.7 %
3/4"	19.100	95.0	95.0	1.3	90.3		INDICE PLASTICO = 13.8 %
1/2"	12.700	164.0	164.0	2.2	88.5		% GRAVA = 20.8%
3/8"	9.520	181.0	181.0	2.4	86.1		% ARENA = 35.8%
1/4"	6.350		0.0	0.0	86.1		% FINO = 43.4%
# 4	4.750	517.8	517.0	6.9	79.2		CLASIF. AASHITO = A-6 (2)
# 10	2.000	58.1	537.0	7.2	72.0		CLASIF. SUCCS = SC
# 20	0.850	88.9	446.1	6.6	63.4		% HUMEDAD NATURAL = 612.1 / 307.4 = 20.2
# 40	0.420	46.3	427.9	5.7	57.7		DESCRIPCION :
# 60	0.250	38.0	351.2	4.7	53.0		ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
# 100	0.150	36.7	330.0	4.4	46.6		
# 200	0.074	42.9	395.5	5.3	41.4		
< # 200	FONDO	182.2	3.295.3	43.4	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



Nº BALANZA: 1 PROCEDIMIENTO DE SECADO: HORNO SECADO: 2

OBSERVACIONES: La muestra fue provista e identificada por el Solicitante.

ELABORADO POR: Firma:  A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. <small>GERENTE GENERAL</small>	APROBADO POR: Firma:  A&A TERRA LAB S.A.C. <small>ING. JUAN CARLOS ALVARADO</small> JEFE DE LABORATORIO <small>GERENTE</small>
Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR - LIMA - PERU
 Teléfono (01) 908-0349 / Cel.: +51 999 030 506
 administracion@ayaterralab.com / gerencia@ayaterralab.com / www.ayaterralab.com

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Limite de consistencia C-2

 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		A&A-QC-PR-003-01		
		REVISIÓN: 01		
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LÍQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS ASTM D 4318		Página		
		1 de 1		
DATOS DE LA MUESTRA				
PROYECTO :	PROYECTO DE TESIS			
SOLICITANTE :	ERICK HUGO SALCEDO QUIRPE			
UBIGACIÓN :	VILLA RICA - OXAPAMPA	CALICATA :	C-2	
MUESTRA :	MATERIAL PROPIO	FECHA :	06/04/24	
PROF. (°) :	---	HECHO POR :	FRANK LUNA HINOSTROZA	
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
Nº TARA		10	4	6
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	60.23	57.26	57.98
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	56.06	53.31	54.04
PESO DE AGUA	(gr.)	4.18	3.95	3.94
PESO DE LA TARA	(gr.)	40.52	37.90	37.52
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	15.53	15.41	16.22
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	26.92	25.63	24.29
NÚMERO DE GOLPES		15	25	35
LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
Nº TARA		3	7	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	29.47	28.42	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	27.82	27.59	
PESO DE LA TARA	(gr.)	13.50	20.56	
PESO DEL AGUA	(gr.)	1.65	0.83	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	14.32	7.03	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	11.52	11.81	11.7
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
				
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA				
LIMITE LIQUIDO (%)	25.5	Observaciones: <u>Muestra provista e identificada por el solicitante.</u>		
LIMITE PLÁSTICO (%)	11.7			
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	13.8			
ELABORADO POR:		APROBADO POR:		
Firma:  A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. <small>GERENTE GENERAL</small>		Firma:  A&A TERRA LAB S.A.C. FRANK LUNA HINOSTROZA <small>JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS</small>		
Nombre:		Nombre:		
Fecha:		Fecha:		
A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR - LIMA - PERU Teléfono (01) 908-0349 / Cel.: +51 999 030 506 administracion@ayaterralab.com / gerencia@ayaterralab.com / www.ayaterralab.com				

Fuente: Elaboración Propia

Análisis Granulométrico C-3

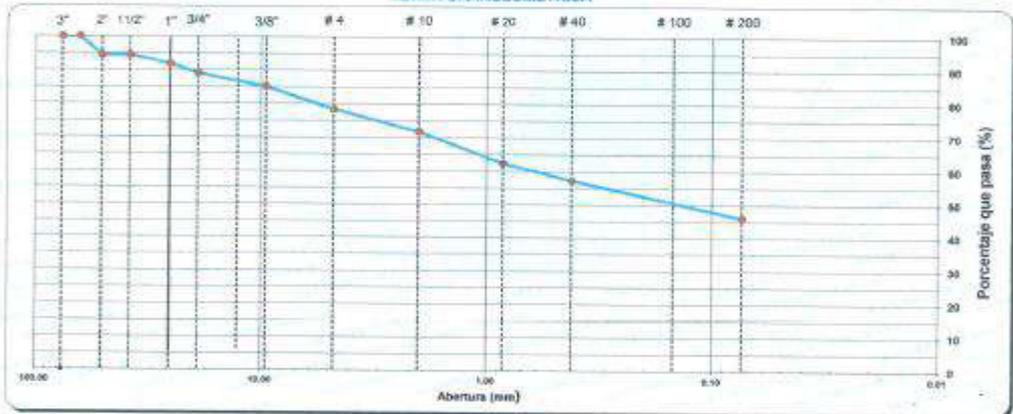


A&A TERRA LAB S.A.C.

Nº 19725

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO <small>(ASTM D6913 - NTP 339.128)</small>	<small>ASA-QC-PR-002-01</small> REVISIÓN: 01 15/05/2018 Pág: 1 de 1					
PROYECTO : PROYECTO DE TESIS							
SOLICITANTE : ERICK HUGO SALCEDO QUISPE							
UBICACIÓN : VILLA RICA - OXAPAMPA							
MATERIAL : Material Propio		fecha de ensayo: 06-04-2024					
SONDEO : C-3							
Hecho por : Frank Luna							
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. NET. PARC.	NIBIT. AC	% O PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		PESO TOTAL = 8.604.9 gr
2 1/2"	63.500	514.8	514.0	6.4	100.0		PESO MAT. # 4 = 6276 gr
2"	50.800		0.0	0.0	6.4	94.4	PESO FRACCION = 634.9 gr
1 1/2"	38.100	110.0	110.0	1.4	7.8	94.4	LIMITE LIQUIDO = 24.7 %
1"	25.400	164.0	164.0	2.0	9.8	91.9	LIMITE PLASTICO = 13.2 %
3/4"	19.100	85.6	82.0	1.0	10.0	85.1	INDICE PLASTICO = 11.5 %
1/2"	12.700	146.0	146.0	1.8	12.7	87.3	% GRAVA = 21.8%
3/8"	9.520	177.0	177.0	2.2	14.0	85.1	% ARENA = 32.3%
1/4"	6.350		0.0	0.0	14.5	85.1	% FINO = 46.1%
# 4	4.750	536.0	536.0	6.7	21.8	78.4	CLASIF. ASFALTO = A-6 (2)
# 10	2.000	63.7	530.8	6.8	28.2	71.8	CLASIF. SUCCES = SC
# 20	0.850	76.4	745.3	9.3	37.6	62.4	% HUMEDAD NATURAL = 55.0 747.0 12.8
# 40	0.425	81.9	814.1	5.2	42.7	57.3	DESCRIPCION:
# 60	0.250	33.2	329.2	4.1	46.8	53.2	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
# 100	0.150	26.8	294.9	3.3	50.1	49.9	
# 200	0.075	30.5	301.5	3.8	53.9	46.1	
# 200	FONDO	173.4	3.690.8	46.1	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



Nº BALANZA: 1 PROCEDIMIENTO DE SECADO: HORNO SECADO:

OBSERVACIONES: La muestra fue provisto e identificada por el Solicitante.

ELABORADO POR: Firma:  A&A TERRA LAB S.A.C. ALDO MORALES A. <small>RESPONSABLE TECNICO</small>	APROBADO POR: Firma:  A&A TERRA LAB S.A.C. <small>ING. FULBERTO RAMIRO RAMIRO</small> GERENTE
Nombre: _____	Nombre: _____
Fecha: _____	Fecha: _____

A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR - LIMA - PERU
 Teléfono (01) 908-0349 / Cel.: +51 999 030 506
 administracion@ayaterralab.com / gerencia@ayaterralab.com / www.ayaterralab.com

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Limite de consistencia C-3

 A&A TERRA LAB S.A.C.		Nº 19726			
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		A&A-QC-PR-003-01 REVISIÓN: 01 Pagina 1 de 1			
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS ASTM D 4318					
DATOS DE LA MUESTRA					
PROYECTO :	PROYECTO DE TESIS				
SOLICITANTE :	ERICK HUGO SALCEDO QUISEPÉ				
UBICACIÓN :	VILLA RICA - OXAPAMPA	CALICATA : C-3			
MUESTRA :	MATERIAL PROPIO				
FECHA :	08/04/24				
HECHO POR :	FRANK LUNA HINOSTROZA				
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
Nº TARA		5	10	4	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	58.10	59.89	56.42	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	53.89	56.03	52.97	
PESO DE AGUA	(gr.)	4.21	3.86	3.55	
PESO DE LA TARA	(gr.)	37.82	40.52	37.90	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	16.07	15.51	14.97	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	26.20	24.89	23.71	
NUMERO DE GOLPES		14	24	35	
LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)					
Nº TARA		2	1		PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	29.77	27.12		
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	27.84	26.40		
PESO DE LA TARA	(gr.)	13.50	20.87		
PESO DE AGUA	(gr.)	1.93	0.72		
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	14.34	5.53		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	13.46	13.02		13.2
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES					
R ² = 0.9962					
					
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA					
LIMITE LIQUIDO (%)		24.7			
LIMITE PLÁSTICO (%)		13.2			
INDICE DE PLASTICIDAD (%)		11.5			
Observaciones: <u>Muestra provista e identificada por el solicitante.</u>					
ELABORADO POR:			APROBADO POR:		
Firma:  ALDO MORALES A. <small>INGENIERO EN GEOTECNIA</small>			Firma:  FRANK LUNA HINOSTROZA <small>JEFE DE LABORATORIO</small>		
Nombre:			Nombre:		
Fecha:			Fecha:		
A&A TERRA LAB S.A.C. Sector 2, Gr. 2, Mz. "F", Lt. 8, VILLA EL SALVADOR - LIMA - PERU Teléfono (01) 908-0349 / Cel.: +51 999 030 506 administracion@ayaterralab.com / gerencia@ayaterralab.com / www.ayaterralab.com					

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Corte Directo

Nº 21933

A&A TERRA LAB S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D - 3080

AMOC 25.05.01
 REV 03.01.11
 2/05/2014
 Pág. 1 de 2

Substrato: Erick Rojas Salcedo Quiroz Proyecto: Sección: CALICATA - Villa Rica Oaxapampa Material: FLESMINGO ALCANTARA Descripción: BC Temperatura: 21 °C Humedad Relativa: 88 %	Fecha de ensayo: 12/04/2014 Fecha de recepción: 09/04/2014 Ensayo No.: Identificación de la muestra: C-2
---	---

TIPO DE ENSAYO: UNIFORME EN LA SUPERFICIE HORIZONTAL Profundidad: 50 mm

Propiedades de la muestra	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4
Longitud	11.00	11.00	11.00	11.00
Área superficial	3951.36	3951.36	3951.36	3951.36
Área lateral	22.00	22.00	22.00	22.00
Humedad natural (%)	22.72	22.65	22.72	22.72
Peso del suelo húmedo (g)	-	-	-	-
Peso del suelo seco (g)	-	-	-	-
Densidad específica (g/cm³)	-	-	-	-
Módulo de elasticidad (kg/cm²)	1.65	1.65	1.65	1.65
Módulo de elasticidad (kg/cm²)	1.41	1.41	1.41	1.41
Grado de saturación (%)	-	-	-	-
Índice de compactación	-	-	-	-
Deformación Comprimión (mm)	-	-	-	-
Resaca de corte final	-	-	-	-
Parámetros del Ensayo				
Prisa en el inicio (kg)	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso del ensayo (kg)	5.00	5.00	5.00	5.00
Módulo del factor de ajuste	1.00	1.00	1.00	1.00
Velocidad desplazamiento (mm/min)	0.20	0.20	0.20	0.20
Resaca Vertical (mm)	50.00	50.00	50.00	50.00
Constante	-	-	-	-

Deformación (mm)	Deformación lateral (%)	Deformación Normal				Fuerza				Esfuerzo Cortante			
		50	100	150	200	50	100	150	200	50	100	150	200
0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	1.001	5.64	19.88	3.43	2.27	1.59			
0.10	0.16	0.000	0.000	0.000	13.695	30.83	81.30	3.28	2.73	13.43			
0.20	0.32	0.000	0.000	0.000	15.540	57.28	198.80	3.88	14.39	27.29			
0.30	0.48	0.000	0.000	0.000	13.011	73.18	138.18	4.73	18.88	34.87			
0.40	0.63	0.000	0.000	0.000	22.877	87.80	147.18	5.77	25.25	26.08			
0.50	0.79	0.000	0.000	0.000	28.832	95.44	160.84	6.77	29.81	38.16			
0.60	0.95	0.000	0.000	0.000	31.844	100.45	187.65	8.00	29.01	47.12			
0.80	1.27	0.000	0.000	0.000	44.495	112.29	180.24	11.17	28.33	45.79			
1.00	1.59	0.000	0.000	0.000	50.041	117.17	188.81	13.05	28.88	48.87			
1.20	1.90	0.000	0.000	0.000	39.712	121.47	195.88	13.00	30.61	49.24			
1.40	2.22	0.000	0.000	0.000	81.473	127.45	208.31	15.44	32.02	50.33			
1.60	2.54	0.000	0.000	0.000	50.779	134.48	207.88	17.49	30.72	50.81			
1.80	2.86	0.000	0.000	0.000	60.288	140.37	212.88	17.81	29.27	50.81			
2.00	3.17	0.000	0.000	0.000	71.848	145.85	220.52	18.85	28.80	50.18			
2.20	3.49	0.000	0.000	0.000	75.186	148.83	221.85	18.89	28.89	50.34			
2.40	3.81	0.000	0.000	0.000	77.008	149.77	235.24	19.20	27.83	50.13			
2.60	4.13	0.000	0.000	0.000	75.183	151.23	242.03	18.84	28.80	51.82			
2.80	4.44	0.000	0.000	0.000	82.828	153.88	248.51	20.84	28.84	51.82			
3.00	4.76	0.000	0.000	0.000	85.409	157.40	257.77	21.48	28.88	54.77			
3.20	5.08	0.000	0.000	0.000	54.578	160.89	260.88	21.24	30.88	58.08			
3.40	5.40	0.000	0.000	0.000	60.326	165.04	267.22	21.84	31.41	61.14			
3.60	5.71	0.000	0.000	0.000	88.892	168.83	271.81	21.73	42.41	68.04			
3.80	6.03	0.000	0.000	0.000	87.008	172.53	275.42	21.89	42.43	69.20			
4.00	6.35	0.000	0.000	0.000	86.296	177.04	281.28	21.88	44.88	72.21			
4.20	6.67	0.000	0.000	0.000	85.085	180.38	286.03	22.38	45.25	72.81			
4.40	6.99	0.000	0.000	0.000	90.908	187.40	294.83	22.77	47.89	74.01			
4.60	7.30	0.000	0.000	0.000	94.428	190.18	300.30	22.72	49.83	75.45			
4.80	7.62	0.000	0.000	0.000	89.827	200.90	309.19	23.09	50.88	78.90			
5.00	7.94	0.000	0.000	0.000	105.152	208.21	313.87	26.42	52.88	78.90			
5.20	8.27	0.000	0.000	0.000	108.130	213.47	318.89	27.07	51.83	80.12			

ELABORADO POR

Forma:
A&A TERRA LAB S.A.C.
 ALDO MORALES A

Nombre: _____
 Fecha: _____

APROBADO POR

Forma:
A&A TERRA LAB S.A.C.
 ERICK ROJAS SALCEDO QUIROZ

Nombre: _____
 Fecha: _____

Fuente: Elaboración Propia

ANEXOS F:
Perfil Estratigráfico

Perfil Estratigráfico Calicata 01

		TÍTULO: ANÁLISIS DE SUELOS AVANCEADOS PARA DISEÑO DE FUNDACIONES UTILIZANDO VIAS DE CIMENTACIÓN - CONECTADO LÍNEA DISTRITO DE VILLA RICA - PISCO - 2024 QUERUBÁN SAN ESTEBAN Y SAN CARLOS IDENTIFICACIÓN VISUAL DE SUELOS (ASTM D1586)								
TÉCNICO: RASHLE SPOK HUGO SALCEDO LOAYSA ASesor: DR. DAVID ROMERO UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE: DISEÑO DE CIMENTACIÓN PLANO(S) DE REFERENCIA:						Nº REGISTRO: ÁREA: SUB-ÁREA: Nº TALLER: Nº SECTE: FECHA: 10-12-2024				
DATOS DE LA MUESTRA Material: <u>Término calicata</u> Nivelación de terreno: <u>Plata. Nivel</u> Tamaño Máximo: <u>2.12"</u> Técnica: <u>Calicata N° 01</u> Prof. Suelo: <u>3.00 m</u> Dirección de calata: <u>2.00 m a 1.00 m</u> Nivel final: <u>3.00</u> Ubicación: <u>Calata de referencia</u>										
PROFUNDIDAD	COTA	ESTRATO	CORUSCO	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MUESTRO			CODIGO DE MUESTRA
				SUCS	ANEXO		TIPO	Nº	PROFUNDIDAD	
0.00		1				Término-Vegetal con presencia de raíces			0.00 m	
0.20									0.20 m	
0.40										
0.60										
0.80										
1.00										
1.20										
1.40										
1.60		2		sc	A-6H	Arena arcillosa de grano fino a medio de color rojizo de consistencia blanda a suelta de baja plasticidad y contenido de humedad alta (36.6%), grava de 1" a 2 1/2".	ESTRATIGRÁFICO			C-01
1.80										
2.00										
2.20										
2.40										
2.60										
2.80										
3.00										
3.20										
3.40										
3.60										
3.80										
4.00										
4.20										
4.40										
4.60										
4.80										
5.00										
5.20										
5.40										
5.60										
5.80										
6.00										
6.20										
6.40										
6.60										
6.80										
7.00										
7.20										
7.40										
7.60										
7.80										
8.00										
8.20										
8.40										
8.60										
8.80										
9.00										
9.20										
9.40										
9.60										
9.80										
10.00										
NOMENCLATURA / OBSERVACIONES: Clasificación y Designación de material excavado Coordenadas: N: 9212818.817 E: 469735.578						C-01				

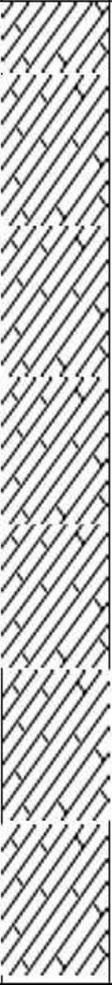
Fuente: Elaboración Propia

Perfil Estratigráfico Calicata 02

		TESIS: ANALISIS DE SUELOS ARCILLOSOS PARA DISEÑAR CIMENTACIONES UTILIZANDO VIGAS DE CIMENTACION - CORRECTORAS EN EL DISTRITO DE VILLA RICA - PASCO - 2024 DUEBRADAS SAN IDELFONSO Y SAN CARLOS IDENTIFICACIÓN VISUAL DE SUELOS (ASTM D2488)										
TESISTA: BACH, ERICK HUGO SALCEDO QUISPE				N° REGISTRO:								
ASESOR: DR. DAVID ROMERO				ÁREA:								
UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL				SUB-ÁREA:								
DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE: DISEÑO DE CIMENTACION				N° TAG:								
PLANO(S) DE REFERENCIA:				N° EE.TT:								
				FECHA: 12-12-2024								
DATOS DE LA MUESTRA: Material: <u>Terreno natural</u> Nivel inicial de terreno: _____ Tamaño Máximo: <u>2"</u> Técnica: <u>Calicata N° 02</u> Prof. final: <u>3.00 m.</u> Dimensión de calicata: <u>2.00 m. x 1.00 m.</u> Nivel freático: _____ Ubicación: _____ Cota de referencial: _____												
PROF.(M)	COTA	ESTRATO	GRAFICO	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MUESTREO			CODIGO DE MUESTRA		
				SUCS	AASHTO		TIPO	N°	PROFUNDIDAD			
0.10									0.00 m.			
0.20												
0.30												
0.40												
0.50												
0.60												
0.70												
0.80												
0.90												
1.00												
1.10												
1.20												
1.30												
1.40		1			SC	A-6(0)	Arena arcillosa de grano fino a medio de color anaranjado de compacidad baja o suelta de baja plasticidad y contenido de humedad alta (20,20 %) , grava de 3/8" a 2".	ESTRATIGRÁFICO			C-02	
1.50												
1.60												
1.70												
1.80												
1.90												
2.00												
2.10												
2.20												
2.30												
2.40												
2.50												
2.60												
2.70												
2.80												
2.90												
3.00									3.00 m.			
COMENTARIOS / OBSERVACIONES: - Clasificación y Disposición de material excavado - Coordenadas: N:8812842.6955 E:489737.8879 C-02												

Fuente: Elaboración Propia

Perfil Estratigráfico Calicata 03

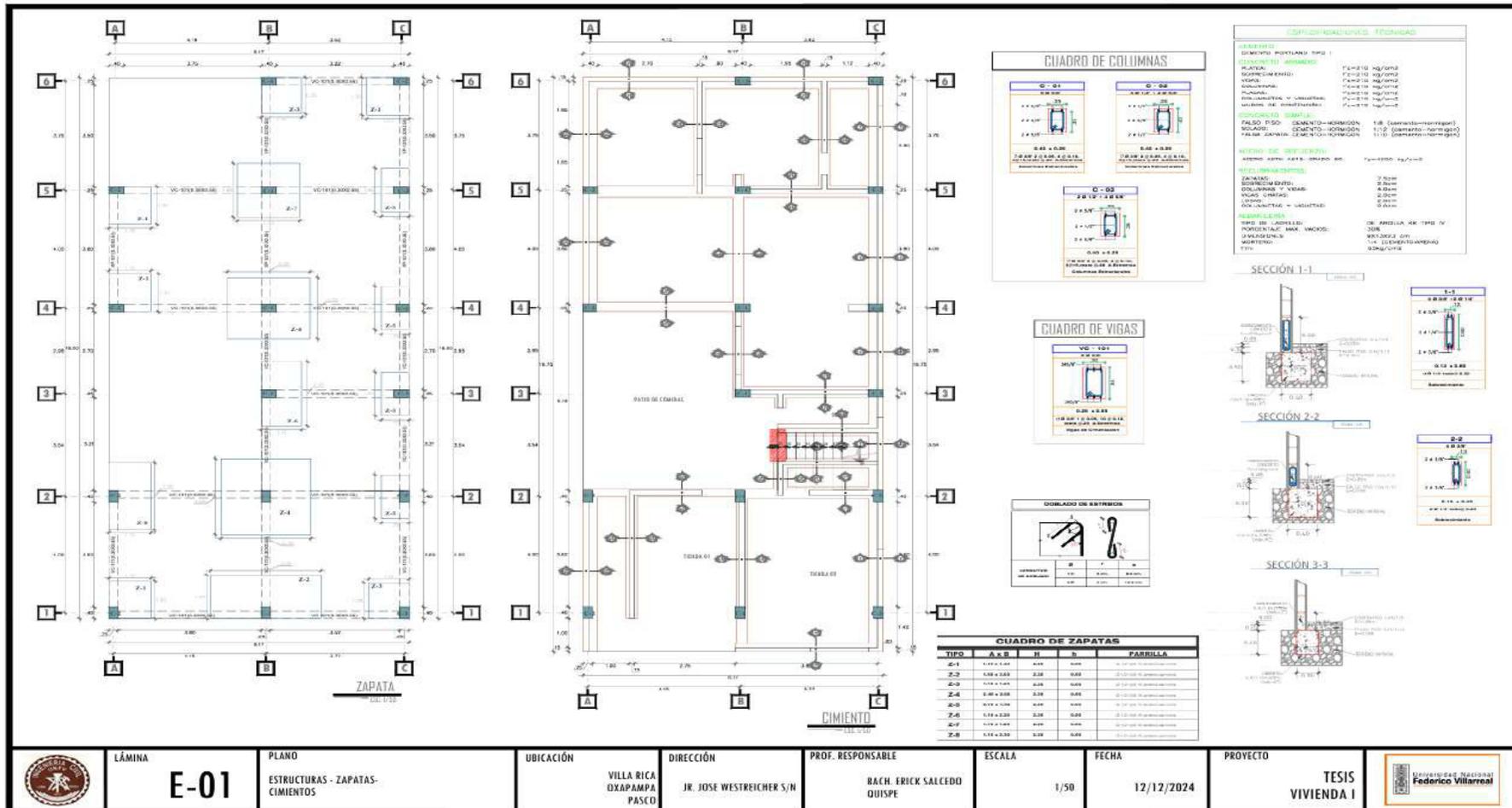
	TESIS: ANALISIS DE SUELOS ARCILLOSOS PARA DISEÑAR CIMENTACIONES UTILIZANDO VIGAS DE CIMENTACION - CONECTADAS EN EL DISTRITO DE VILLA RICA - PASCO - 2024 QUERRADAS SAN DELFONSO Y SAN CARLOS IDENTIFICACION VISUAL DE SUELOS (ASTM D2488)											
TESISISTA: BACH. ERICK HUGO SALCEDO QUISPE ASESOR: DR. DAVID ROMERO UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL DESCRIPCION DEL COMPONENTE: DISEÑO DE CIMENTACION PLANO(S) DE REFERENCIA:		N° REGISTRO: AREA: SUB-AREA: N° TAG: N° E.E.TT: FECHA: 12-12-2024										
DATOS DE LA MUESTRA: Material: <u>Terreno natural</u> Técnica: <u>Calicata N° 03</u> Dimension de calicata: <u>2.00 m. x 1.00 m.</u> Ubicación: Nivel inicial de terreno: _____ Prof. final: <u>3.00 m.</u> Nivel final: _____ Cota de referencial: _____ Tamaño Máximo: <u>2 1/2"</u>												
PROFUND.	COTA	ESTRATO	GRAFICO	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL SUELO	MUESTREO			CÓDIGO DE MUESTRA		
				SUCS	AASHO		TIPO	N°	PROFUNDIDAD			
0.10							ESTRATIGRÁFICO		0.00 m.			
0.20												
0.30												
0.40												
0.50												
0.60												
0.70												
0.80												
0.90												
1.00												
1.10												
1.20												
1.30												
1.40		1			sc	A-4(0)		Arena arcillosa de grano fino a medio de color mostaza de compactad baja o suelta de baja plasticidad y contenido de humedad alta (13.90 %) grava de 3/8" a 2 1/2".				C-03
1.50												
1.60												
1.70												
1.80												
1.90												
2.00												
2.10												
2.20												
2.30												
2.40												
2.50												
2.60												
2.70												
2.80												
2.90												
3.00									3.00 m.			
COMENTARIOS / OBSERVACIONES: - Clasificación y Disposición de material excavado - Coordenadas: N:8812823.8253 E:469748.0983 C-03												

Fuente: Elaboración Propia

ANEXOS G:

Plano de Cimentación

Plano de Cimentación vivienda 01



Fuente: Elaboración Propia

Plano de Cimentación vivienda 02

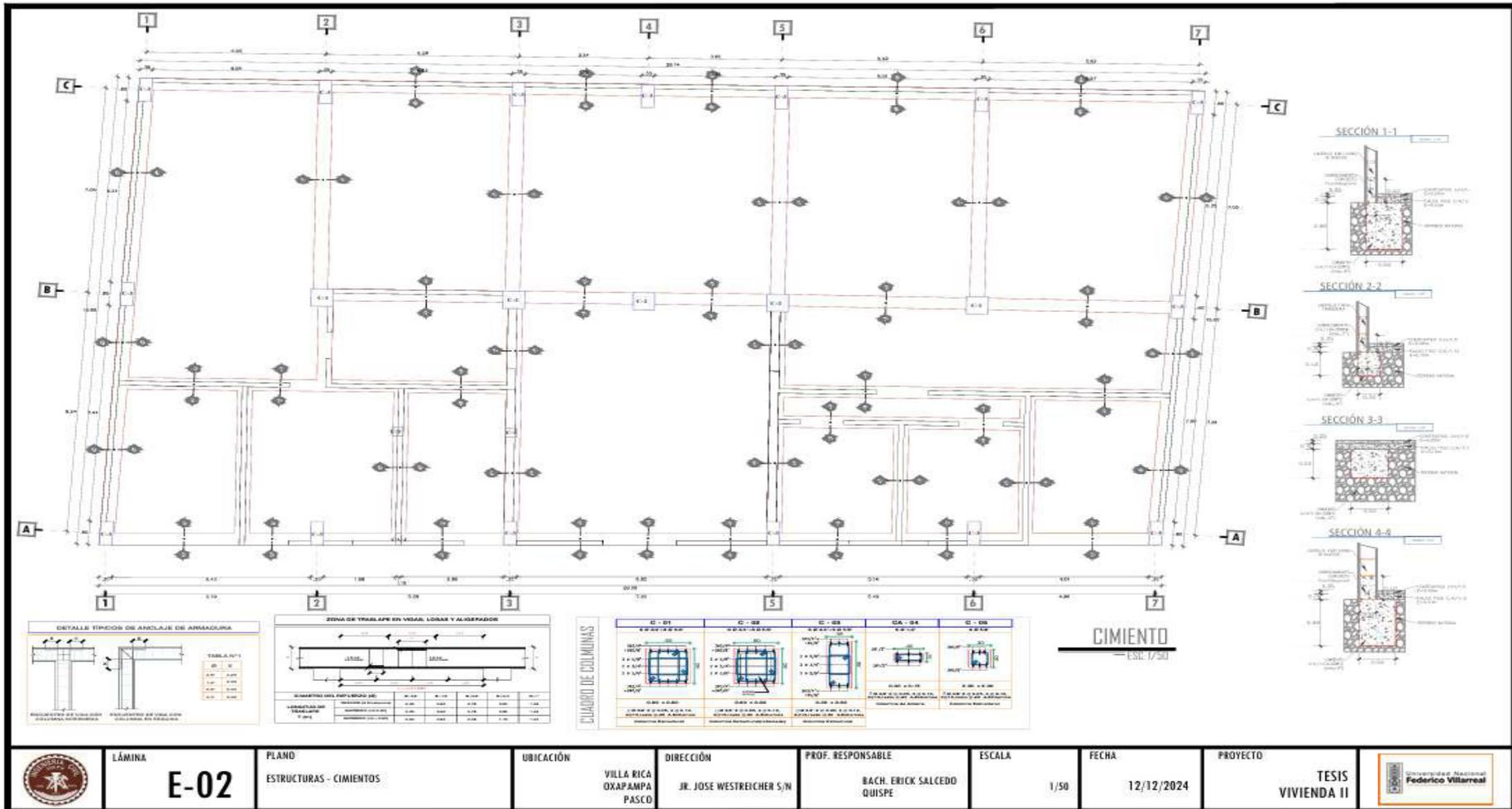


	LÁMINA	PLANO	UBICACIÓN	DIRECCIÓN	PROF. RESPONSABLE	ESCALA	FECHA	PROYECTO	
	E-02	ESTRUCTURAS - CIMENTOS	VILLA RICA OXAPAMPA PASCO	JR. JOSE WESTREICHER S/N	BACH. ERICK SALCEDO QUISPE	1/50	12/12/2024	TESIS VIVIENDA II	

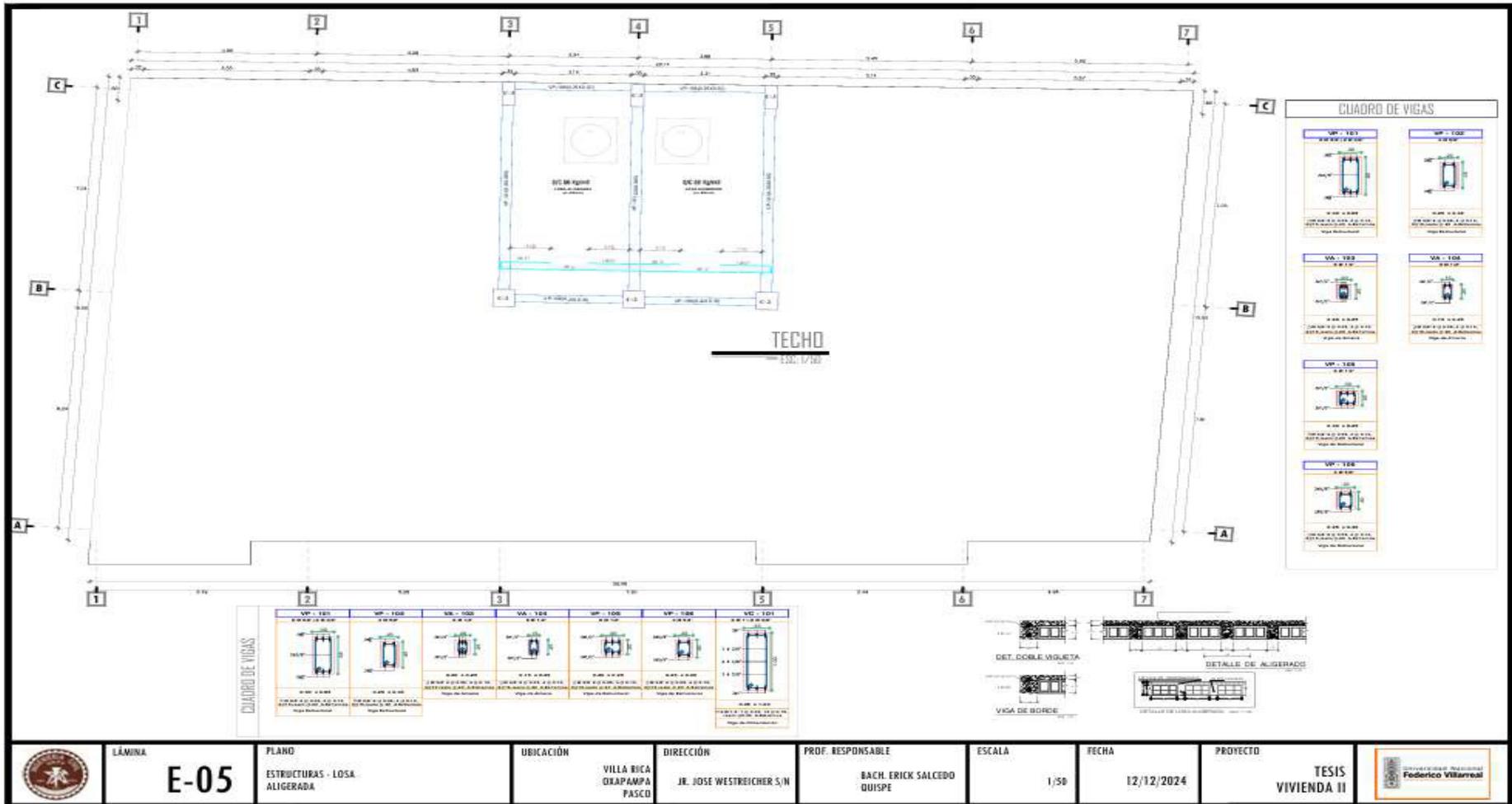
Fuente: Elaboración Propia

Plano de Elevaciones vivienda 01



Fuente: Elaboración Propia

Plano de Losa Aligerada vivienda 02



Fuente: Elaboración Propia

ANEXOS H:

Presupuesto de Cimentación

Presupuesto de Cimentacion vivienda 01

	PRESUPUESTO DE CIMENTACIÓN DE VIVIENDA 01	 Universidad Nacional Federico Villarreal
TESIS ANÁLISIS DE SUELOS ARCILLOSOS PARA DISEÑAR CIMENTACIONES UTILIZANDO VIGAS DE CIMENTACIÓN - CONECTADAS EN EL DISTRITO DE VILLA RICA – PASCO – 2024	ASESOR DR. DAVID ROMERO	
TESISTA BACH. ERICK HUGO SALCEDO QUISPE	UNIVERSIDAD UNFV	

PRESUPUESTO DE CIMENTACIÓN DE VIVIENDA 01

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	PU	PARCIAL S/
1.00	VIVIENDA 01				8,292.27
1.01	CONTRUIDO				8,292.27
01.01.01	CONCRETO PARA VIGAS DE CIMENTACION F'c=210 kg/cm2	M3	4.78	633.87	3,032.69
01.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION	M2	31.90	59.86	1,909.29
01.01.03	ACERO GRADO 60 EN VIGA DE CIMENTACIÓN	KG	486.25	6.89	3,350.29
*** TOTAL PRESUPUESTO S/ (1)					8,292.27
1.02	PROPUESTA DE MEJORA				16,762.67
01.02.01	CONCRETO PARA VIGAS DE CIMENTACION F'c=210 kg/cm2	GLB	7.67	633.87	4,862.13
01.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION	MES	51.14	59.86	3,061.06
01.02.03	ACERO GRADO 60 EN VIGA DE CIMENTACIÓN	MES	1,282.94	6.89	8,839.48
*** TOTAL PRESUPUESTO S/ (1)					16,762.67
*** VARIACIÓN S/ (1)					8,470.40

Fuente: Elaboración Propia

Presupuesto de Cimentacion vivienda 02

	PRESUPUESTO DE CIMENTACIÓN DE VIVIENDA 02	 Universidad Nacional Federico Villarreal
TESIS ANÁLISIS DE SUELOS ARCILLOSOS PARA DISEÑAR CIMENTACIONES UTILIZANDO VIGAS DE CIMENTACIÓN - CONECTADAS EN EL DISTRITO DE VILLA RICA – PASCO – 2024		ASESOR DR. DAVID ROMERO
TESISTA BACH. ERICK HUGO SALCEDO QUISPE		UNIVERSIDAD UNFV

PRESUPUESTO DE CIMENTACIÓN DE VIVIENDA 02

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	PU	PARCIAL S/
1.00	VIVIENDA 02				28,402.20
1.01	CONTRUIDO				28,402.20
01.01.01	CONCRETO PARA VIGAS DE CIMENTACION F'c=210 kg/cm2	M3	11.14	633.87	7,062.81
01.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION	M2	123.80	59.86	7,410.91
01.01.03	ACERO GRADO 60 EN VIGA DE CIMENTACIÓN	KG	2,021.55	6.89	13,928.48
*** TOTAL PRESUPUESTO S/ (1)					28,402.20
1.02	PROPUESTA DE MEJORA				85,172.00
01.02.01	CONCRETO PARA VIGAS DE CIMENTACION F'c=210 kg/cm2	GLB	30.91	633.87	19,591.53
01.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION	MES	176.62	59.86	10,572.23
01.02.03	ACERO GRADO 60 EN VIGA DE CIMENTACIÓN	MES	7,983.78	6.89	55,008.24
*** TOTAL PRESUPUESTO S/ (1)					85,172.00
*** VARIACIÓN S/ (1)					56,769.80

Fuente: Elaboración Propia